

Стандарт ISO 14644-1

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ КОНТРОЛИРУЕМЫЕ СРЕДЫ.

Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц

Перевод Михаила Шахова,
НПЦ «Клинтрум Инструментс»

Окончание. Начало в предыдущем номере

Приложение С (информационное)

Особенности счёта и оценки размеров макрочастиц

С.1 Основные принципы

В некоторых случаях, обычно связанных со специфическими требованиями технологического процесса, могут задаваться альтернативные уровни чистоты воздуха для частиц, находящихся вне размерного диапазона, применяемого при классификации. Максимально допустимые концентрации таких частиц и выбор метода измерения для подтверждения соответствия требованиям определяются соглашением между заказчиком и исполнителем. Анализ методов измерения и принятые формы обозначения даны в С.2 (для М-дескрипторов).

С.2 Анализ частиц размерами более 5 мкм (макрочастицы) – М-дескриптор

С.2.1 Область применения

Если требуется оценить риск загрязнения частицами размером более 5 мкм, следует применять особые методы измерения и приборы, подходящие для частиц такого размера.

Измерения концентрации взвешенных частиц с распределением размеров в пределах 5–20 мкм может проводиться для любого из двух состояний чистого помещения – оснащённое и эксплуатируемое.

Так как количество частиц, генерируемых в ходе производственного процесса, как правило, преобладает над количеством взвешенных в воздухе макрочастиц, метод и средство измерения должны выбираться с учетом особенностей производимого продукта. Следует принимать во внимание такие характеристики частиц как плотность, форма, объём и их аэродинамическое поведение. Кроме того, возможно потребуется обратить особое внимание на специфические объекты среди взвешенных частиц, такие как волокна.

С.2.2 Обозначение М-дескриптора

М-дескриптор может использоваться как дополнение к классу чистоты по концентрации частиц. М-дескриптор обозначается следующим образом:

“ ISO M (a; b); c”,

где:

- a – максимально допустимая концентрация макрочастиц (частиц/м³);
- b – эквивалентный диаметр (или диаметры), связанный с используемым методом измерения частиц, мкм;
- c – используемый метод измерения.

ПРИМЕР 1: Чтобы выразить концентрацию взвешенных в воздухе частиц с размерами более 5 мкм, равную 29 частиц/м³, измеренную с помощью счётчика аэрозольных частиц LSAPC (Light scattering airborne particle counter – счётчик частиц, использующий рассеяние света), следует использовать обозначение:

«М (29; ≥ 5 мкм); LSAPC».

ПРИМЕР 2: Чтобы выразить концентрацию взвешенных в воздухе частиц с размерами более 5 мкм, равную 10 000 частиц/м³, измеренную с помощью времяпролётного счётчика частиц, определяющего аэродинамический диаметр частиц, следует использовать обозначение:

«М (10 000; > 5 мкм); времяпролётный счётчик частиц».

ПРИМЕР 3: Чтобы выразить концентрацию взвешенных в воздухе частиц с размерами от 10 до 20 мкм, равную 1 000 частиц/м³, измеренную с помощью каскадного импактора с последующим определением размеров и количества частиц под микроскопом, используется следующее обозначение:

«М (1 000; от 10 мкм до 20 мкм); каскадный импактор с последующим измерением размеров и подсчётом под микроскопом».

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Если среди взвешенных частиц содержатся (обнаружены) волокна, их наличие может отражаться добавлением М-дескриптора для волокон, обозначающегося как “Mfibre(a; b); c”.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Соответствующие методы определения концентрации взвешенных в воздухе частиц размером более 5 мкм приведены в IEST-G-CC1003 [2].

ПРИМЕЧАНИЕ 3: Если М-дескриптор используется как дополнение к классу чистоты по взвешенным в воздухе частицам, то концентрация макрочастиц частиц (a) не должна превышать максимально допустимую концентрацию частиц (частиц/м³) с размерами ≥ 5 мкм для заданного класса ISO.

С.3 Измерение аэрозольных макрочастиц

С.3.1 Основные принципы

Данная методика описывает измерения аэрозольных частиц с пороговым размером более 5 мкм по диаметру (макрочастицы). Процедура, приведенная в С.3, является адаптацией из IEST-G-CC-1003:1999 [2]. Измерения могут проводиться в чистом помещении или чистой зоне в любом из трёх состояний. Измерения проводятся для определения концентрации макрочастиц в чистых зонах в соответствии с параграфом 5 и приложением Е. Подчёркивается необходимость корректного отбора пробы и её обработки, чтобы минимизировать потери макрочастиц.

С.3.2 Общие положения

Число точек пробоотбора, выбор точек, определение класса чистой зоны и требуемый объём данных должны соответствовать параграфу 5 и приложению А. По соглашению между заказчиком и исполнителем могут использоваться другие методы с эквивалентной точностью, обеспечивающие эквивалентный набор данных.

С.3.3 Обработка пробы

При работе с макрочастицами необходимы тщательный отбор пробы и её обработка. Подробное обсуждение требований к системам, используемым для изокинетического и анизокинетического отбора проб и транспортировки частиц к месту анализа, приводится в IEST-G-CC-1003:1999 [2].

С.3.4 Методы измерения для макрочастиц

Существует две основные категории методов для измерения макрочастиц. При использовании разных методов могут быть получены несоотносимые результаты. По этой причине корреляция между разными методами может отсутствовать. Методы и получаемая ими информация вкратце описаны в пунктах С.3.4.1 и С.3.4.2.

С.3.4.1 Измерения in situ (на месте)

Применение счётчиков, использующих рассеяние света, и времяпролётных счётчиков для измерения концентрации и размера макрочастиц.

- а) Измерения с применением счётчиков, использующих рассеяние света (С 4.1.2), позволяет получить данные о размерах частиц по эквивалентному оптическому диаметру.
- б) Измерения с применением времяпролётных счётчиков (С 4.1.3) позволяет получить данные о размерах частиц по аэродинамическому диаметру.

С.3.4.2 Улавливание

Улавливание на фильтр или при помощи инерционных эффектов, с последующим анализом количества и размеров под микроскопом:

- а) Осаждение на фильтр и измерения под микроскопом (С.4.2.2) позволяют получить данные по количеству частиц заданного размера.



Инжиниринг чистых помещений, проектирование, производство, монтаж, сервис, валидации

- Чистые помещения
- Операционные залы
- Ламинарные защитные устройства
- Мебель для чистых помещений
- Полный пакет услуг по системе «ключ в руки»

Klimaoprema d.d.

Gradna 78A, CRO-10430 Samobor, Croatia / Hrvatska
T. +385 (0)1 33 62 513 | F. +385 (0)1 33 62 905
info@klimaoprema.hr | www.klimaoprema.hr

- б) Улавливание при помощи каскадного импактора и измерения под микроскопом (С.4.2.3) позволяют получить данные по количеству частиц определенного размера.

С.4 Методы измерения макрочастиц

С.4.1 Измерения макрочастиц без улавливания

С.4.1.1 Основные положения

Возможно измерение макрочастиц без их улавливания из воздуха. Процесс основан на оптических измерениях частиц, взвешенных в воздухе. Воздух проходит с определённой скоростью через счётчик частиц, использующий рассеяние света, что позволяет измерить либо эквивалентный оптический диаметр, либо аэродинамический диаметр частицы.

С.4.1.2 Измерения с использованием счётчика частиц, использующего рассеяние света (LSAPC)

Процедура измерения макрочастиц при помощи LSAPC (Light scattering airborne particle counter – счётчик частиц, использующий рассеяние света) аналогична описанной в приложении А для аэрозольных частиц, за одним исключением. Так как данные требуются только для определения макрочастиц, нет необходимости в требованиях к чувствительности счётчика для обнаружения частиц размером меньше 1 мкм. Следует убедиться, что LSAPC отбирает пробу непосредственно из воздуха в точке пробоотбора. LSAPC должен иметь скорость отбора пробы 0,47 л/с и быть оснащён пробоотборником для изокINETического отбора пробы в зонах с однопАвленным потоком. В зонах с неоднопАвленными потоками пробоотборник LSAPC должен быть направлен вертикально вверх. Входное отверстие пробоотборника должно иметь диаметр не менее 30 мм.

ПРИМЕЧАНИЕ: Пробоотборник должен быть подобран таким образом, чтобы обеспечивать отбор проб, близкий к изокINETическому, в зонах с однопАвленным потоком воздуха. В случае, если это невозможно, расположите пробоотборник в направлении преимущественного

потока воздуха; в зонах, где направление движения воздушного потока не контролируется или непредсказуемо (например, неоднопАвленный поток), пробоотборное устройство следует направлять вертикально вверх. Трубка, соединяющая пробоотборник и сенсор LSAPC, должна быть как можно более короткой. Для измерения частиц, размером равным или более 1 мкм, габариты такой трубки не должны выходить за рамки рекомендаций производителя и обычно составляют не более 1 м в длину.

Ошибки, связанные с потерями частиц в пробоотборных коммуникациях, должны быть сведены к минимуму.

Следует настроить LSAPC для детектирования только макрочастиц. Однако, чтобы убедиться, что концентрация мелких частиц не слишком велика (т.е. отсутствуют совпадения при прохождении частиц через счётный объём), следует записывать данные одного канала с размером частиц менее 5 мкм. Концентрация таких частиц, сложенная с концентрацией макрочастиц, должна составлять не более 50% от максимальной, рекомендуемой для используемого LSAPC.

С.4.1.3 Измерения с использованием времяпролётного счётчика частиц

Размеры макрочастиц могут быть определены времяпролётным счётчиком. При этом объём воздуха засасывается в прибор и ускоряется путём расширения через сопло в зону частичного вакуума, где располагается измерительный модуль. Любая частица в объёме пробы будет ускоряться до скорости потока воздуха в зоне измерения. Ускорение частицы обратно пропорционально зависит от её массы. Соотношение между скоростью воздуха и скоростью частицы в точке замера позволяет судить об аэродинамическом диаметре частицы. Зная разницу давлений между внешним воздухом и измерительным объёмом, можно непосредственно вычислить скорость потока воздуха. Скорость частицы измеряется по времени пролёта между двумя лазерными лучами. Времяпролётный счётчик может измерять аэродинамический диаметр частиц до 20 мкм. Способ отбора пробы тот же, что и для LSAPC при измерении макрочастиц. Кроме



Ежеквартальный источник
уникальной информации

**Чистые Помещения
и технологические среды**

Журнал издаётся с 2002 года

- Ответы на важные вопросы
- Рекомендации профессионалов
- Аналитические обзоры стандартов
- Уникальные статьи

Читайте! Развивайтесь!

ПОДПИСКА 2015

www.cleanrooms.ru

Скидка 20%

при оформлении подписки от 3-х экземпляров

Один себе. Другой в «проблемную» службу. Третий партнеру на заметку.



Издательский проект
Группы компаний ВИАЛЕК

того, используются те же процедуры, что и для LSAPC, при определении диапазонов размеров частиц, вносимые в протокол.

С.4.2 Измерение макрочастиц с улавливанием (накапливанием)

С.4.2.1 Основные положения

Измерения макрочастиц можно проводить путём их улавливания из воздуха. При этом пробу воздуха с определённой скоростью пропускают через улавливающее (накопительное) устройство. Для подсчёта частиц используется микроскопический анализ.

ПРИМЕЧАНИЕ: Можно также определить массу собранных частиц, но так как чистота определяется по счётной концентрации, данный стандарт не рассматривает такую возможность.

С.4.2.2 Сбор на фильтр и микроскопическое исследование

Выберите мембранный фильтр и подходящий держатель, или готовую сборку. Следует использовать мембрану с размерами пор не более 2 мкм. Нанесите на корпус фильтра соответствующую пометку, позволяющую определить место размещения фильтра. Подключите к выходному отверстию источник вакуума, который будет обеспечивать прокачку воздуха с требуемой скоростью. В случае, если точка пробоотбора, в которой производится определение концентрации макрочастиц, расположена в зоне с однонаправленным потоком воздуха, следует подобрать такую скорость прокачки воздуха, чтобы обеспечить изокINETический отбор пробы, а входное отверстие следует расположить навстречу потоку.

Входное отверстие фильтра должно быть направлено вертикально вверх. Отберите такую пробу воздуха, чтобы собрать как минимум 20 макрочастиц в каждой точке пробоотбора при предельной концентрации класса (определяется по уравнению А.1).

Снимите защитную крышку с держателя фильтра и оставьте в чистом месте. Отберите пробы воздуха в точках, оговорённых между заказчиком и исполнителем. В случае, если для прокачки воздуха используется портативный источник вакуума, его выхлоп должен располагаться за пределами чистой зоны, или выходить через подходящий фильтр. После того как процесс отбора пробы будет завершён, снова закройте фильтр крышкой. Фильтр или держатель должен транспортироваться так, чтобы мембрана постоянно находилась в горизонтальном положении и не подвергалась вибрациям или тряске в промежутке между проведением отбора пробы и анализом. Сосчитайте частицы на поверхности фильтра (см. ASTM F312-08) [3].

С.4.2.3 Сбор при помощи каскадного импактора и измерение

В каскадном импакторе разделение частиц происходит за счет инерционного соударения частиц. Отбираемый поток воздуха проходит через серию каналов с уменьшающимся диаметром отверстия. Наиболее крупные частицы остаются непосредственно под самым большим отверстием, а более мелкие осаждаются на каждой последующей ступени импактора. Место накопления частиц по пути импактора непосредственно связано с их аэродинамическим диаметром.

Для измерения чистоты воздуха по концентрации частиц может использоваться импактор, предназначенный для сбора и счёта частиц. В таком импакторе частицы осаждаются на съёмные пластины, которые затем изымаются для анализа под микроскопом. Для данного типа каскадных импакторов характерны скорости отбора проб 0,47 л/с и выше.

С.5 Процедура счёта макрочастиц

Установите пробоотборное устройство выбранного прибора. Отберите такой объём воздуха, чтобы собрать не менее 20 макрочастиц для каждой точки (если концентрация соответствует пределу класса) и проведите измерения. Вычислите концентрацию для выбранных размеров частиц М-дескриптора, в соответствии с соглашением между заказчиком и исполнителем, и составьте протокол. В случае, если требуется информация о стабильности концентрации макрочастиц, проведите 3 или более измерений в выбранных точках с временными интервалами по соглашению между заказчиком и исполнителем.

С.6 Протокол (отчет) по результатам счёта макрочастиц

После проведения измерений в протокол заносится следующая информация:

- размеры частиц, для которых предназначен прибор;
- методика проведения измерений;
- способ измерения уровня М-дескриптора или предела, как дополнения к классификации;
- обозначения типа каждого из использованных приборов и статус их калибровки;
- классификация уровня чистоты объекта;
- анализируемые размеры макрочастиц и полученные концентрации;
- скорость отбора пробы прибора и скорость потока через измерительный объём;
- точки пробоотбора;
- план отбора проб для классификации или план проведения измерений;
- состояние(я) чистого помещения;
- другие релевантные данные, например, стабильность концентрации макрочастиц.

Приложение D (информационное)

Метод последовательного отбора проб

D.1 Основные положения и ограничения

D.1.1 Основные положения

В некоторых случаях, когда требуется классифицировать чистое помещение с очень низкой предельной концентрацией частиц для заданного класса чистоты, метод последовательного отбора проб помогает снизить объём отбираемой пробы и, соответственно, уменьшить время, затрачиваемое на измерение. Метод последовательного отбора проб основан на измерении скорости счёта частиц и предсказании соответствия или несоответствия классификации. Если отбираемая проба воздуха значительно отличается по степени загрязнения в ту или иную сторону от установленного классом предела, использование данного метода может, зачастую, резко снизить отбираемый объём пробы и, соответственно, время измерения.

Метод рассматривает скорость счёта, чтобы предсказать успех или неудачу теста. Экономия времени может быть достигнута и при концентрациях, близких к предельной. Целесообразнее всего использовать последовательный отбор проб для классов чистоты 4 ISO и более чистых. Метод также можно использовать для других классов, если рассматриваемый размер частиц имеет низкий предел концентрации для заданного класса.

ПРИМЕЧАНИЕ: Дополнительная информация о последовательном отборе проб приведена в IEST-G-CC1004 [4] или JIS B 9920:2002 [5].

D.1.2 Ограничения

Последовательный отбор проб имеет следующие принципиальные ограничения:

- Процедура применима только в том случае, если объём пробы определяется необходимостью зарегистрировать хотя бы 20 частиц наибольшего рассматриваемого размера, при концентрации, равной пределу заданного класса для этих частиц (см. A.4.4).
- Каждое измерение требует дополнительного контроля и анализа данных, проведение которых можно облегчить использованием компьютера.
- Точность определения при этом ниже, чем при обычном измерении, т.к. объём пробы меньше.

D.2 Основы метода

Метод основан на сравнении получаемого общего количества частиц в реальном масштабе времени с рассчитанными опорными значениями. Опорные значения получаются из уравнений для верхнего и нижнего пределов:

$$\text{Верхний предел: } C_{fail} = 3,96 + 1,03 E, \quad (D.1)$$

$$\text{Нижний предел: } C_{pass} = -3,96 + 1,03 E, \quad (D.2)$$

где:

- C_{fail} – верхний предел наблюдаемого значения;
- C_{pass} – нижний предел наблюдаемого значения;
- E – ожидаемое количество частиц (см. формулу D.5, граница класса).

Согласно уравнению (A.2), объём пробы V_s вычисляется по формуле:

$$V_s = \frac{20}{C_{n,d}} \times 1\,000, \quad (D.3)$$

где:

- V_s – минимальный объём пробы для каждой точки пробоотбора, выраженный в литрах;
- $C_{n,d}$ – предельная концентрация для частиц рассматриваемого размера для данного класса чистоты (част/м³);
- 20 – заданное количество частиц, которое может быть определено при отборе пробы, в случае если концентрация равна предельно допустимой для класса.

Время измерения определяется следующим образом:

$$t_t = \frac{V_s}{Q}, \quad (D.4)$$

где:

- V_s – объём пробы (м³);
- Q – скорость пробоотбора счётчика частиц (м³/с).

Ожидаемое количество частиц определяется по формуле:

$$E = \frac{Q \times t \times C_{n,d}}{1\,000}, \quad (D.5)$$

где:

- t – время измерения в секундах;
- $C_{n,d}$ – предельная концентрация для частиц рассматриваемого размера для данного класса чистоты (част/м³).

На рис. D.1 представлена графическая интерпретация, позволяющая лучше понять метод последовательного отбора проб. В процессе измерения в каждой точке наблюдаемое

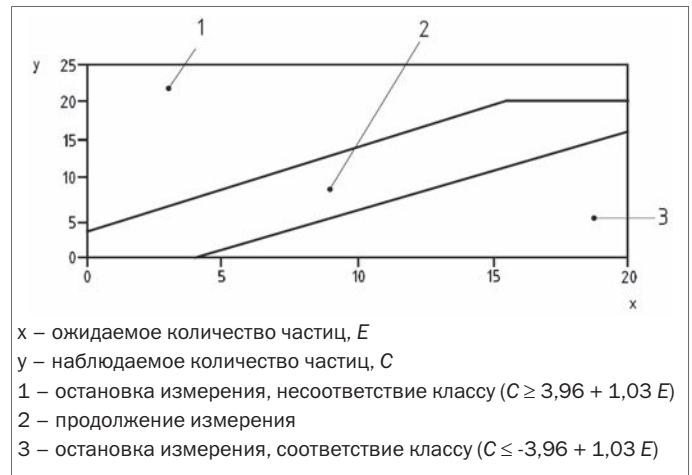


Рис. D.1. Границы соответствия и несоответствия классу чистоты по методу последовательного отбора проб

количество частиц периодически сравнивается с ожидаемым значением для отобранного объёма пробы. Если измеренное количество частиц меньше нижнего предела ожидаемого значения C_{pass} , чистота воздуха считается соответствующей требованиям класса или пределу концентрации и измерение прекращается.

Если измеренное количество частиц больше верхнего предела ожидаемого значения, чистота воздуха считается не соответствующей требованиям класса или пределу концентрации, и измерение прекращается. Пока измеряемое значение количества частиц остаётся между нижним и верхним пределами, отбор пробы продолжается до тех пор, пока полученное значение не достигнет 20, или объём отобранной пробы, V , не сравняется с минимальным объёмом, V_s , соответствующим ожидаемому значению счёта в 20 частиц.

На рис. D.1 графически представлено сравнение регистрируемого числа частиц, C , и ожидаемого количества частиц, E , в пределах, пока измерение не будет остановлено, или счёт частиц не достигнет 20.

D.3 Процесс измерения

Рис. D.1 показывает границы соответствия и несоответствия, вычисленные по уравнениям (D.1) и (D.2), и ограничения $E = 20$ (соответствующее времени, требуемому для отбора всей пробы) и $C = 20$, соответствующее максимально допустимому количеству частиц.

Регистрируемое количество частиц сопоставляется со значением ожидаемого количества частиц, рассчитанного для воздуха с концентрацией частиц, находящейся точно на предельном значении заданного класса. С ростом времени измерения ожидаемое количество частиц увеличивается, причём значение $E = 20$ соответствует времени, требуемому для отбора полной пробы, если концентрация частиц равна пределу класса чистоты.

Измерение по методу последовательного отбора проб в соответствии с рисунком D.1 происходит следующим образом:

- Измеряется количество частиц как функция времени измерения.
- Вычисляется ожидаемое количество частиц как описано в разделе D.2 (уравнение D.5).
- Строится зависимость измеренного количества частиц и ожидаемого значения как показано на рис. D.1.
- Наблюдаемое значение сравнивается с нижним и верхним пределами рис. D.1.

- 5) Если наблюдаемое количество частиц превышает верхнюю границу, измерение прекращается, а воздух считается несоответствующим заданному классу чистоты.
- 6) Если наблюдаемое количество частиц ниже, чем нижняя граница, измерение прекращается, а воздух считается соответствующим заданному классу чистоты.
- 7) Если наблюдаемое количество частиц находится в области между граничными значениями, измерение продолжается.

Если общее количество частиц к концу измерения равно 20 или менее и не превышало верхнюю границу, воздух считается соответствующим заданному классу чистоты.

D.4 Примеры использования метода последовательного отбора проб

D.4.1 Пример 1

- а) Оценить чистоту воздуха в чистом помещении с заданным Классом 3 ISO (0,1 мкм, 1 000 частиц/м³) при помощи метода последовательного отбора проб. Эта процедура рассматривает скорость счёта, чтобы предсказать успех или неудачу теста.

Примечание: Скорость пробоотбора счётчика частиц 0,0283 м³/мин (28,3 л/мин или 0,47 л/с)

- б) Подготовка перед измерениями – вычисление опорных значений.

Результаты вычислений показаны в Таблице D.1. Сначала вычисляется ожидаемое количество частиц в зависимости от времени измерения. Затем вычисляются верхняя и нижняя граница ожидаемого значения по уравнениям (D.1) и (D.2) или рисунку D.1.

- с) Проверка методом последовательного отбора проб.

Ожидаемое количество частиц в первом измерении 2,4; проведённое измерение не соответствует классу чистоты, если наблюдаемое количество частиц больше или равно 7 – значению верхней границы. Однако, если общее наблюдае-

мое значение находится между 0 и 6, вывод сделать невозможно. В данном случае измерение продолжается. Общее количество частиц по мере продолжения счёта может увеличиваться. Отбор пробы продолжается до тех пор, пока не будет отобран требуемый объём пробы или наблюдаемое количество частиц не пересечёт одну из линий для C_{pass} или C_{fail} , соответственно. Если общее количество частиц ниже или равно округлённым значениям C_{pass} до завершения времени отбора всей пробы, воздух считается соответствующим заданному классу чистоты и измерение останавливается.

D.4.2 Пример 2

Проверка чистого помещения с заданным классом чистоты воздуха Класс 3 ISO (0,5 мкм, 35 частиц/м³) путем последовательного отбора проб. Скорость отбора пробы счётчика частиц (Q) составляет 0,0283 м³/мин = 0,47 л/с.

Вычисляем минимальный объём пробы V_s согласно формуле (D.3):

$$V_s = \frac{20}{C_{n,d}} \times 1\,000 = \frac{20}{35} \times 1\,000 = 0571,429\,л \quad (\text{или } 0,571429\,м^3). \quad (D.6)$$

Вычисляем полное время отбора пробы, t_p , согласно формуле (D.4). Это наибольший промежуток времени, который может потребоваться для оценки точки пробоотбора. Процедура последовательного отбора пробы должна сократить это время.

$$t_t = \frac{V_s}{Q} = 1211,5\,с = 20,19\,мин. \quad (D.7)$$

Составляем таблицу опорных значений:

- 1) Вычисляем ожидаемое количество частиц, E , по уравнению (D.5):

$$E = \frac{Q \times t \times C_{n,d}}{1\,000}. \quad (D.8)$$

- 2) Согласно уравнениям (D.1) и (D.2) рассчитываем нижние и верхние предельные значения.
- 3) Результат вычислений сводим в таблицу D.2 и рисунок D.2.

Таблица D.1

Опорные значения (нижняя и верхняя границы)

Порядковый номер измерения	Время измерения t	Текущий объём пробы V	Ожидаемое количество частиц По формуле (D.5)	Верхний предел количества частиц $C_{fail} = 3,96 + 1,03 E$	Нижний предел количества частиц $C_{pass} = -3,96 + 1,03 E$
	сек				
1	5	2,4	2,4	7 (6,4)	0 (-1,5)
2	10	4,7	4,7	9 (8,8)	0 (0,9)
3	15	7,1	7,1	12 (11,2)	3 (3,3)
4	20	9,4	9,4	14 (13,7)	5 (5,8)
5	25	11,8	11,8	17 (16,1)	8 (8,2)
6	30	14,2	14,1	19 (18,5)	10 (10,6)
7	35	16,5	16,5	20 (21,0)	13 (13,0)
8	40	18,9	18,9	20 (23,4)	15 (15,5)
9	45	21,2	21,2	21	20

Примечание: в скобках приведены вычисленные значения с точностью до одного знака после запятой, однако, так как измеряемые значения являются целыми, при сравнении эти значения рассматриваются как округленные до целой величины:

- Вычисленный верхний предел округляется в большую сторону;
 - вычисленный нижний предел округляется в меньшую сторону;
 - если по уравнению (D.2) получено отрицательное значение нижнего предела C_{pass} , оно обозначается как «N.A.» (не применимо).
- В данном случае нельзя заключить, что чистота воздуха удовлетворяет требуемым пределам, даже если наблюдаемое значение счёта частиц равно нулю.

Таблица D.2

Вычисленные значения текущего объёма пробы, ожидаемого количества частиц, верхнего и нижнего пределов количества частиц

t (мин)	t (сек)	Текущий объём пробы, $Q \times t$	Ожидаемое кол-во частиц, E	Наблюдаемое кол-во частиц C	
				Верхний предел C_{fail}	Нижний предел C_{pass}
1	60	28,3	1,0	5 (5,0)	N.A. (-2,9)
2	120	56,6	2,0	7 (6,0)	N.A. (-1,9)
3	180	84,9	3,0	8 (7,0)	N.A. (-0,9)
4	240	113,2	4,0	9 (8,0)	0 (0,1)
5	300	141,5	5,0	10 (9,1)	1 (1,1)
6	360	169,8	5,9	11 (10,1)	2 (2,2)
7	420	198,1	6,9	12 (11,1)	3 (3,2)
8	480	226,4	7,9	13 (12,1)	4 (4,2)
9	540	254,7	8,9	14 (13,1)	5 (5,2)
10	600	283	9,9	15 (14,2)	6 (6,2)
11	660	311,3	10,9	16 (15,2)	7 (7,3)
12	720	339,6	11,9	17 (16,2)	8 (8,3)
13	780	367,9	12,9	18 (17,2)	9 (9,3)
14	840	396,2	13,9	19 (18,2)	10 (10,3)
15	900	424,5	14,9	20 (19,3)	11 (11,3)
16	960	452,8	15,8	20 (20,3)	12 (12,4)
17	1020	481,1	16,8	20 (21,3)	13 (13,4)
18	1080	509,4	17,8	20 (22,3)	14 (14,4)
19	1140	537,7	18,8	20 (23,3)	15 (15,4)
20	1200	566	19,8	20 (24,4)	16 (16,4)
20,19=t _t	1211,5	571,429=V _s	20	21	20

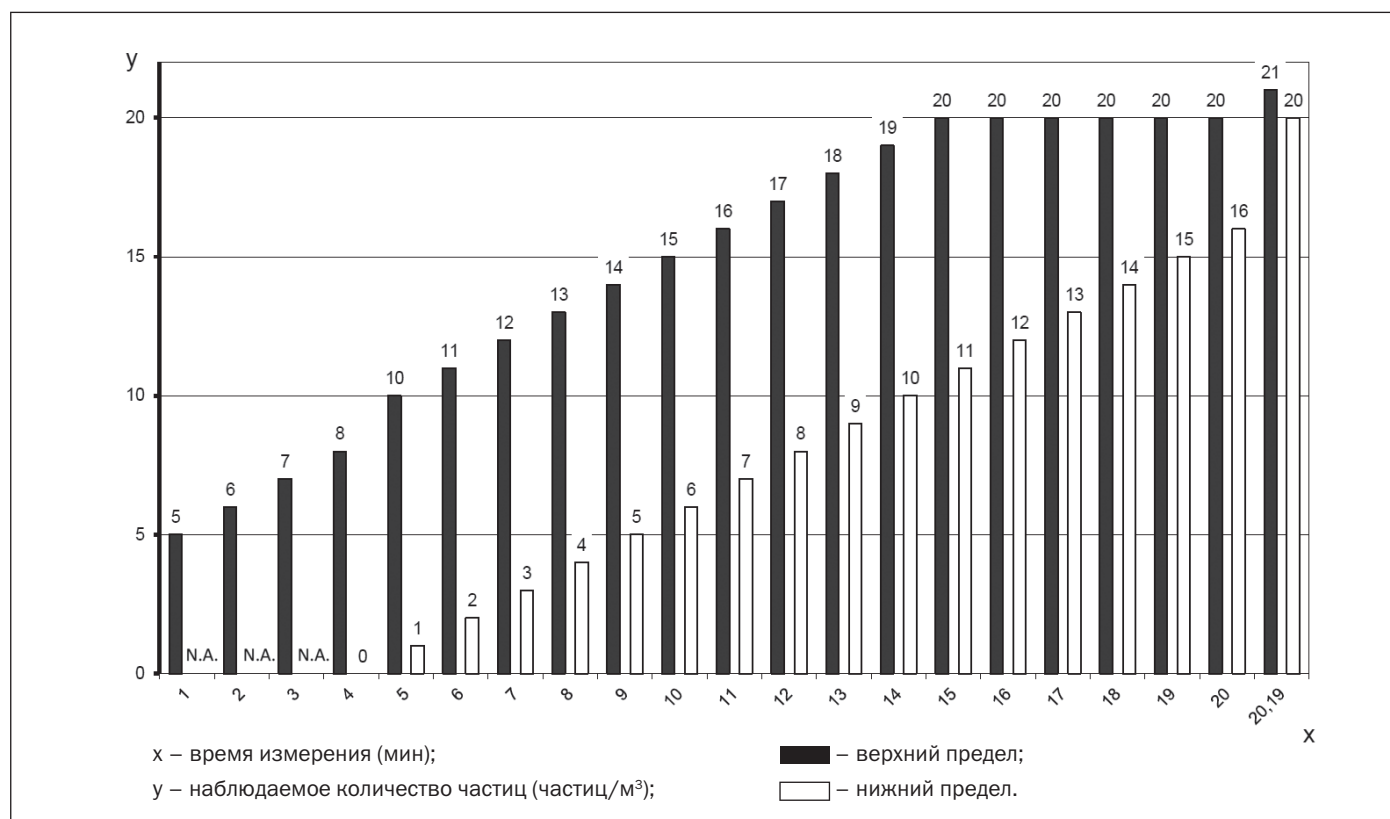


Рис. D.2 Графическое представление граничных значений при последовательном отборе пробы

На рис. D.2 верхний и нижний пределы количества частиц отложены в зависимости от текущего времени измерения. Вертикальные столбики показывают пределы через каждую минуту.

Сравниваем регистрируемое количество частиц с граничными значениями и применяем процедуру, описанную в D.3.

а) Случай несоответствия (табл. D.3)

Ожидаемое количество частиц в первом измерении 1,0; проведённое измерение не соответствует классу чистоты, если наблюдаемое количество частиц равно или более 5. Однако, если наблюдаемое общее значение находится между 0 и 5, как в данном примере, измерение продолжается. Общее количество частиц по мере продолжения счёта может увеличиваться, однако ожидаемое количество частиц также

растёт. При 5-ом измерении ($t=300$ с) наблюдаемое количество частиц 11 превышает верхний предел (10), следовательно, чистота воздуха не соответствует заданному классу.

б) Случай соответствия (табл. D.4)

Ожидаемое количество частиц в первом измерении 1,0; проведённое измерение не соответствует классу чистоты, если наблюдаемое количество частиц равно или более 5. Однако, если наблюдаемое общее значение находится между 0 и 5, как в данном примере, измерение продолжается, однако общее измеренное количество частиц не увеличивается. При 4-ом измерении ($t=240$ с) наблюдаемое количество частиц 0 равно нижнему пределу (0), следовательно, чистота воздуха соответствует заданному классу.

Таблица D.3

Пример результатов, полученных при последовательном отборе проб

t (мин)	t (сек)	Ожидаемое кол-во частиц, E	Предельные значения		Счёт частиц в пределах интервала	Общее наблюдаемое кол-во частиц, C	Результат
			Верхний предел C_{fail}	Нижний предел C_{pass}			
1	60	1,0	5	N.A.	2	2	Продолжить
2	120	2,0	7	N.A.	3	5	Продолжить
3	180	3,0	8	N.A.	1	6	Продолжить
4	240	4,0	9	0	0	6	Продолжить
5	300	5,0	10	1	5	11	Несоответствие

Таблица D.4

Пример результатов при последовательном отборе проб

t (мин)	t (сек)	Ожидаемое кол-во частиц, E	Предельные значения		Счёт частиц в пределах интервала	Общее наблюдаемое кол-во частиц, C	Результат
			Верхний предел C_{fail}	Нижний предел C_{pass}			
1	60	1,0	5	N.A.	0	0	Продолжить
2	120	2,0	7	N.A.	0	0	Продолжить
3	180	3,0	8	N.A.	0	0	Продолжить
4	240	4,0	9	0	0	0	Соответствие

Чистые Помещения и технологические среды

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Архив журнала
2002-2014
Электронная версия

Уважаемые читатели!

Работа с электронным архивом журнала позволит сократить время на поиск важной информации, подбор материалов единой тематики и подготовку аналитических обзоров

Приобрести CD-диск

Вы можете через редакцию журнала и региональные подразделения группы компаний «ВИАЛЕК»

В Москве:

тел.: +7(495) 941-47-89, 227-23-60
e-mail: cleanrooms@vialek.ru

В Киеве:

тел.: +38(044) 228-27-64
e-mail: edu@vialek.kiev.ua



Издатель журнала:
группа компаний «ВИАЛЕК»

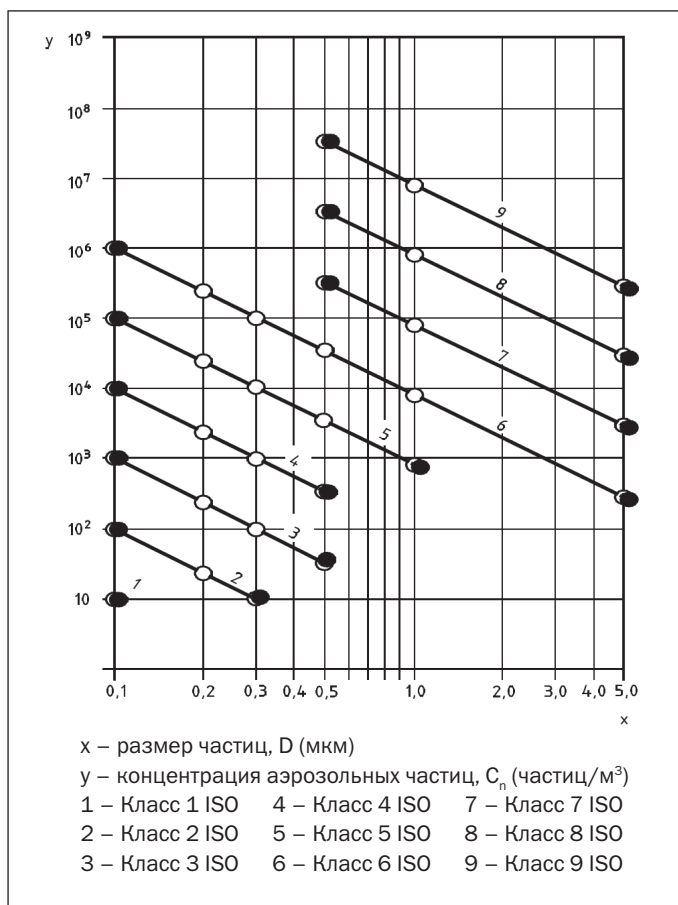


Рис. Е.1 Графическое представление классов чистоты воздуха ISO по концентрации частиц (АСР)

Приложение Е (информационное)

Графическое представление классов чистоты ISO (АСР) по таблице 1

Рис. Е.1 даёт графическое представление классов чистоты воздуха ISO, представленных в таблице 1. Данный рисунок приведён только с целью иллюстрации.

Классы чистоты ISO по таблице 1 представлены на рисунке Е.1 в виде линий, означающих предельные концентрации для соответствующих размеров частиц. Так как линии показывают пределы классов только приблизительно, их не следует использовать для определения конкретных значений.

Классификационные линии нельзя экстраполировать за пределы закрашенных кружков, означающих минимальные и максимальные размеры частиц, приемлемые для рассматриваемых классов чистоты ISO.

Приложение F (информационное)

Промежуточные десятичные классы чистоты и предельные значения концентрации частиц для них

F.1 Промежуточные десятичные классы чистоты

При необходимости для промежуточных десятичных классов используется таблица F.1.

В таблице F.1 приведены допустимые промежуточные десятичные классы чистоты воздуха. Неточности, связанные с измерением частиц, приводят к тому, что промежутки между классами менее 0,5 не имеют смысла; в примечаниях под таблицей отмечены ограничения по отбору проб.

F.2 Промежуточные размеры частиц

В случае, если нужны промежуточные размеры частиц для целочисленных или десятичных классов, предельная концентрация таких частиц рассчитывается по уравнению F.1:

$$C_n = 10^N \times \left(\frac{0,1}{D}\right)^{2,08}, \quad (F.1)$$

где:

C_n – максимально допустимая концентрация (частиц/м³) взвешенных в воздухе частиц размером равным и более заданного. C_n следует округлять до ближайшего целого числа, используя при этом не более трёх значащих цифр;

N – классификационное число ISO, которое не должно превышать значения 9, или быть меньше 1;

D – рассматриваемый размер частиц в микрометрах;

0,1 – константа, имеющая размерность микрометр.

Приложение G (информационное)

Приборы

G.1 Введение

Данное приложение описывает приборы, которое следует использовать для проведения измерений, описанных в приложениях А и D.

Данные, приведённые в таблицах G.1- G.3, этого приложения указывают на необходимые минимальные требования к характеристикам прибора. Выбор прибора осуществляется посредством соглашения между заказчиком и исполнителем.

Приложение является информационным и не должно мешать применению более совершенных приборов, если таковые доступны. По соглашению между заказчиком и исполнителем также могут использоваться альтернативные устройства.

G.2. Терминология

Используемые определения соответствуют документу JCGM 200:2008 [6].

G.2.1 Разрешение

Минимальное изменение значения определяемой величины, вызывающее регистрируемый отклик прибора.

Примечание: Разрешение может зависеть, например, от шумов (внутренних или внешних) или трения. Оно также может зависеть от значения измеряемой величины.

G.2.2 Максимально допустимая ошибка измерения

Наибольшее значение ошибки измерения, по отношению к известной величине, разрешённое нормативами для данного измерения, измерительного прибора или измерительной системы.

Примечание 1: Обычно понятие «максимально допустимые ошибки» или «пределы погрешности» используется при наличии двух максимальных значений.

Примечание 2: Не следует использовать вместо понятия «максимально допустимые ошибки» понятие «допустимое отклонение».

Таблица F.1

Примеры промежуточных классов чистоты ISO

Классификационный номер ISO (N)	Максимально допустимая концентрация (частиц/м³) ^a					
	0,1 мкм	0,2 мкм	0,3 мкм	0,5 мкм	1 мкм	5 мкм
Класс 1,5 ISO	[32] ^b	d	d	d	d	e
Класс 2,5 ISO	316	[75] ^b	[32] b	d	d	e
Класс 3,5 ISO	3 160	748	322	111	d	e
Класс 4,5 ISO	31 600	7 480	3 220	1 110	263 b	e
Класс 5,5 ISO	316 000	74 800	32 200	11 100	2 630	e
Класс 6,5 ISO	3 160 000	748 000	322 000	111 000	26 300	924
Класс 7,5 ISO	c	c	c	1 110 000	263 000	9 240
Класс 8,5 ISO	c	c	c	11 100 000	2 630 000	92 400

^a Все приведённые в таблице концентрации – интегральные, например, для класса 5,5 ISO концентрация 11 100 для частиц размером 0,3 мкм включает все частицы размером от 0,3 мкм и выше.

^b Данные концентрации требуют для классификации больших объёмов отбираемых проб воздуха. Здесь можно применять метод последовательного отбора проб (см. приложение D).

^c Предельные концентрации не указаны из-за очень большого количества частиц.

^d Ограничения по отбору пробы и статистическим соображениям приводят к некорректной классификации при низких концентрациях.

^e Ограничения по отбору пробы для низких концентраций и частиц размером выше 1 мкм приводят к некорректной классификации в данной области из-за возможных потерь крупных частиц в пробоотборных коммуникациях.

Таблица G.1

Характеристики LSAPC

Параметр	Значение
Пределы измерения	Размер частиц от 0,1 до 5 мкм; Концентрация частиц до $3,5 \times 10^7 \text{ м}^{-3}$
Разрешение	15% по размеру
Максимально допустимая ошибка	20% по концентрации для данного размера

Таблица G.2

Характеристики счетчика отдельных макрочастиц

Параметр	Значение
Пределы измерения	Размер частиц от 5 до 80 мкм; Концентрация частиц до $1,0 \times 10^6 \text{ м}^{-3}$
Разрешение	20%
Максимально допустимая ошибка	20% по концентрации для данного размера

Таблица G.3

Характеристики времяпролетного измеряющего прибора

Параметр	Значение
Пределы измерения	Размер частиц от 0,5 до 20 мкм; Концентрация частиц то $1,0 \times 10^3 \text{ м}^{-3}$ до $1,0 \times 10^8 \text{ м}^{-3}$
Разрешение	Аэродинамический диаметр: 0,02 мкм для 1,0 мкм; 0,03 мкм для 10 мкм
Максимально допустимая ошибка	10% от полного значения

G.2.3 Счётчик аэрозольных частиц, использующий рассеяние света (LSAPC)

Прибор, имеющий возможность определять размеры и количество отдельных частиц путем измерения их эквивалентного оптического диаметра.

Характеристики LSAPC приведены в таблице G.1 согласно стандарту ISO 21501-4:2007[1].

G.2.4 Счетчик отдельных макрочастиц

Прибор, имеющий возможность определять размеры и подсчитывать количество взвешенных в воздухе макрочастиц.

G.2.5 Времяпролетный счетчик частиц

Прибор, измеряющий количество и размеры частиц путем определения их аэродинамического диаметра методом измерения времени реакции частицы на изменение скорости воздуха. Обычно это делается путем измерения оптическими методами времени пролета частицы после изменения скорости потока воздуха.

G.2.6 Микроскопический анализ частиц, собранных на фильтровальной бумаге

См. ASTM F312-8 [3].

Библиография

- [1] ISO 21501-4:2007, Determination of particle size distribution – Single particle light interaction methods – Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces.
- [2] IEST-G-CC1003:1999, Measurement of Airborne Macro-particles. Arlington Heights, Illinois: Institute of Environmental Sciences and Technology.
- [3] ASTM F312-08, Standard Test Methods for Microscopical Sizing and Counting Particles from Aerospace fluids on Membrane Filters. ASTM International.
- [4] IEST-G-CC1004:1999, Sequential-Sampling Plan for Use in Classification of the Particulate Cleanliness of Air in Cleanrooms and Clean Zones. Arlington Heights, Illinois: Institute of Environmental Sciences and Technology.
- [4] JIS B 9920:2002, Classification of air cleanliness for cleanrooms. Tokyo, Japan: Japanese Standards Association.
- [5] JCGM 200:2008, International vocabulary of metrology – basic and general concepts and associated terms. Joint Committee on Guides and Metrology (JCGM). ■