ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р ИСО 21501-4— 2012**

# ПОЛУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ. ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

## Часть 4

## Счетчики частиц в воздухе для чистых зон, работающие на принципе рассеяния света

**ISO 21501-4:2007**
**Determination of particle size distribution — Single particle light interaction methods — Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces (IDT)**

**Издание официальное**

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Общероссийской общественной организацией «Ассоциация инженеров по контролю микрозагрязнений» (АСИНКОМ) на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 184 «Обеспечение промышленной чистоты»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 ноября 2012 г. № 696-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 21501-4:2007 «Получение распределения частиц по размерам. Оптические методы оценки отдельных частиц. Часть 4. Счетчики частиц в воздухе для чистых зон, работающие на принципе рассеяния света» (ISO 21501-4:2007 «Determination of particle size distribution — Single particle light interaction methods — Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces»)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)*

© Стандартинформ, 2014

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Термины и определения . . . 1
3 Основные требования . . . 2
3.1 Калибровка по размерам . . . 2
3.2 Проверка установки размеров . . . 2
3.3 Эффективность счета . . . 2
3.4 Разрешающая способность по размерам . . . 2
3.5 Ложный счет . . . 2
3.6 Максимально допустимая концентрация частиц . . . 2
3.7 Скорость отбора пробы . . . 2
3.8 Время отбора пробы . . . 2
3.9 Остаточный счет . . . 2
3.10 Периодичность калибровки . . . 2
3.11 Протокол испытаний . . . 2
4 Методика испытаний . . . 3
4.1 Калибровка по размерам частиц . . . 3
4.2 Проверка правильности установки размера . . . 4
4.3 Эффективность счета . . . 4
4.4 Разрешающая способность по размерам частиц . . . 5
4.5 Ложный счет . . . 5
4.6 Максимально допустимая концентрация частиц . . . 5
4.7 Скорость отбора пробы . . . 5
4.8 Время отбора пробы . . . 6
4.9 Остаточный счет . . . 6
4.10 Калибровка . . . 6
Приложение А (справочное) Неопределенность при калибровке по размерам . . . 7
Приложение В (справочное) Эффективность счета . . . 9
Приложение С (справочное) Разрешающая способность по размерам . . . 10
Приложение D (справочное) Ложный счет . . . 11
Приложение Е (справочное) Остаточный счет . . . 12
Библиография . . . 13

## Введение

Во многих областях, например в фармацевтической и электронной промышленности, производстве прецизионных устройств и в больницах, необходим контроль чистоты воздуха. С этой целью используют счетчики частиц. Настоящий стандарт устанавливает метод калибровки и проверки работоспособности счетчиков частиц, которые позволяют свести к минимуму ошибки в определении числа частиц и различия в результатах счета несколькими счетчиками.

Комплекс международных стандартов ИСО 21501 «Получение распределения частиц по размерам. Оптические методы оценки отдельных частиц» состоит из следующих частей:

- часть 1. Спектрометры аэрозолей, работающие на принципе рассеяния света;
- часть 2. Счетчики частиц в жидкостях, работающие на принципе рассеяния света;
- часть 3. Счетчики частиц в жидкостях, работающие на принципе ослабления света;
- часть 4. Счетчики частиц в воздухе для чистых зон, работающие на принципе рассеяния света.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# ПОЛУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ. ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

## Часть 4

## Счетчики частиц в воздухе для чистых зон, работающие на принципе рассеяния света

Determination of particle size distribution. Single particle light interaction methods. Part 4. Light scattering airborne particle counter for clean spaces

**Дата введения — 2013—12—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к калибровке и проверке работоспособности счетчиков частиц в воздухе, работающих по принципу рассеяния света, которые используют для счетной концентрации взвешенных в воздухе частиц в зависимости от их размеров. Метод основан на рассеянии света отдельной частицей. Типовой диапазон значений частиц для оценки по данному методу находится в пределах от 0,1 до 10 мкм.

Счетчики, на которые распространяется настоящий стандарт, используют для классификации чистоты воздуха в чистых помещениях по ИСО 14644-1, а также для оценки числа частиц и их распределения по размерам в других областях.

Настоящий стандарт устанавливает требования к:

- калибровке по размерам частиц;
- проверке установки размеров;
- эффективности счета;
- разрешающей способности по размерам;
- определению ложного счета;
- максимально допустимой концентрации частиц;
- скорости отбора проб;
- времени отбора проб;
- объему пробы;
- периодичности калибровки;
- протоколу калибровки.

## 2 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины и определения по ЕН 14799:2007:

2.1 **частицы для калибровки** (calibration particles): Монодисперсные сферические частицы с известным средним размером, например частица полиуретанового латекса (PSL), прослеживаемые до международного стандарта по размеру, где стандартное отклонение среднего размера частиц не превышает ± 2,5 %.

Примечание — Индекс рефракции частиц для калибровки близок к 1,59 при длине волны 589 нм (D-линия натрия).

2.2 **эффективность счета** (counting efficiency): Отношение полученного результата счетчиком частиц, работающим по принципу рассеяния света, к результату, полученному эталонным счетчиком для той же пробы.

Издание официальное

2.3 **счетчик частиц** (particle counter): Прибор, который считает число частиц и оценивает их размеры с использованием принципа рассеяния света или ослабления света.

2.4 **анализатор высоты импульса** (pulse height analyser, PHA): Прибор, анализирующий распределение высоты импульса.

2.5 **разрешающая способность по размерам** (size resolution): Способность прибора различать частицы различных размеров.

## 3 Основные требования

### 3.1 Калибровка по размерам

Рекомендуемый способ калибровки приведен в 4.1.

### 3.2 Проверка установки размеров

Ошибка в оценке минимального размера частиц и других указанных изготовителем счетчика размеров не должна превышать ± 10 % при выполнении контроля по 4.2.

### 3.3 Эффективность счета

Эффективность счета должна составлять (50 ± 20) % по частицам для калибровки с размерами, близкими к минимальному обнаруживаемому размеру (порогу чувствительности), и должна составлять (100 ± 10) % по частицам для калибровки с размерами, большими в 1,5—2 раза порога чувствительности.

### 3.4 Разрешающая способность по размерам

Разрешающая способность по размерам не должна превышать 15 % для частиц для калибровки с размером, заданным изготовителем.

### 3.5 Ложный счет

Ложный счет определяют по счетной концентрации частиц в 1 $м^3$ для минимального размера при отборе проб чистого воздуха.

### 3.6 Максимально допустимая концентрация частиц

Максимально допустимая концентрация частиц должна быть задана изготовителем счетчика. Как правило, ошибка совпадения при максимально допустимой концентрации частиц не должна превышать 10 %.

Примечание — При превышении концентрации частиц максимально допустимого значения увеличивается число пропущенных (неподсчитанных) частиц из-за увеличения вероятности нахождения нескольких частиц в луче света (ошибка совпадения) и/или перегруженности электронной системы регистрации.

### 3.7 Скорость отбора пробы

Стандартное отклонение скорости отбора пробы не должно превышать 5 %.

Данный пункт распространяется на счетчики частиц, не имеющие функции контроля скорости отбора пробы, но изготовитель должен указать номинальное значение этой скорости.

### 3.8 Время отбора пробы

Стандартное отклонение времени отбора пробы не должно превышать ±1 % установленного значения.

Данный пункт не распространяется на счетчики частиц, не имеющие функции контроля времени отбора пробы.

### 3.9 Остаточный счет

Остаточный счет счетчиком частиц по 4.9 не должен быть более 0,5 %.

### 3.10 Периодичность калибровки

Рекомендуется калибровать счетчик частиц не реже одного раза в год.

### 3.11 Протокол испытаний

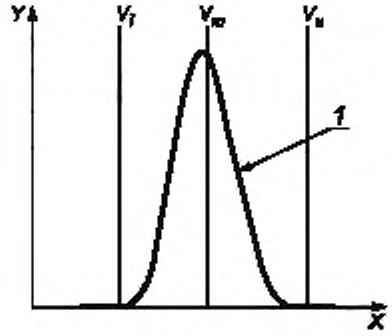
Протокол испытаний должен содержать как минимум следующие данные:

a) дата калибровки;
b) размеры частиц, для которых выполнена калибровка;
c) скорость отбора пробы;
d) разрешающая способность по размерам частиц, для которых выполнена калибровка;
e) эффективность счета;
f) ограничение на ложный счет;
g) предельное значение напряжения или канал анализатора высоты импульсов.

## 4 Методика испытаний

### 4.1 Калибровка по размерам частиц

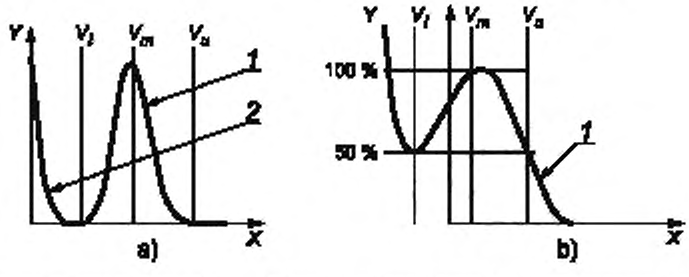
При калибровке счетчика частицами с известными размерами медиана кривой напряжения (или внутренний канал анализатора высоты импульсов — АВИ) соответствует размеру частицы (рисунок 1). Медиану кривой напряжения (или внутренний канал АВИ) следует определять с использованием счетчика частиц с изменяемой установкой пределов напряжения (или внутреннего канала АВИ). Медиана кривой напряжения (или внутренний канал АВИ) представляет собой напряжение (или внутренний канал АВИ), которое делит пополам общее число сосчитанных импульсов. При отсутствии счетчика частиц с изменяемой установкой пределов напряжения вместо него может быть использован АВИ.




*X* — высота пульса напряжения (или канал); *Y* — плотность распределения; *1* — распределение высоты импульсов (для частиц PSL); $V_l$ — нижний предел напряжения; $V_m$ — медиана напряжения; $V_u$ — верхний предел напряжения

Рисунок 1 — Распределение высоты импульсов для частиц PSL

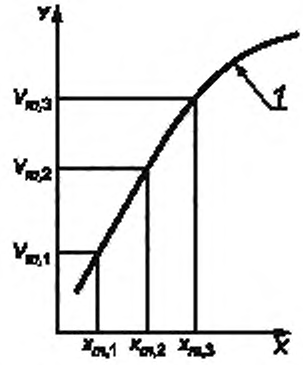
Шумы воспринимаются как счет множества маленьких частиц. В этом случае медиану кривой напряжения (или внутренний канал АВИ) следует определить исключением импульсов, появившихся из-за ложного счета [рисунок 2а)]. Исключение выполняется только в том случае, когда пиковая плотность распределения превышает более чем в два раза плотность на равнинном участке, который отделяет этот пик от импульсов из-за ложного счета [рисунок 2b)]. В этом случае напряжение $V_u$ превышает медиану напряжения $V_m$, для которого плотность распределения та же, что и для $V_l$. Медиану напряжения вычисляют только для числа частиц между пределами напряжения $V_l$ и $V_u$.




*X* — напряжение высоты импульсов (или канал); *Y* — плотность распределения; *1* — распределение высоты импульсов для частиц PSL; *2* — шум (ложный счет частиц, маленькие частицы и/или оптический и электронный шум), $V_l$ — нижний предел напряжения; $V_m$ — медиана напряжения; $V_u$ — верхний предел напряжения

Рисунок 2 — Распределение высоты импульсов для частиц PSL

Следует определить напряжения каналов, соответствующих размерам частиц, по кривой калибровки, предоставляемой изготовителем счетчика (см. рисунок 3).




*X* — размер частиц, *Y* — медианное значение для частиц для калибровки, *1* — кривая калибровки; $V_{m,1}$ — медиана напряжения, соответствующая размеру частиц $X_{m,1}$; $V_{m,2}$ — медиана напряжения, соответствующая размеру частиц $X_{m,2}$; $V_{m,3}$ — медиана напряжения, соответствующая размеру частиц $X_{m,3}$

Рисунок 3 — Кривая калибровки

Примечание — Если медиана напряжения определяется с помощью внешнего АВИ, то отклонения напряжения в АВИ и счетчике включены в пределы напряжения счетчика (приложение А).

### 4.2 Проверка правильности установки размера

Для проверки правильности установки размера следует:

- определить напряжение, получаемое при регистрации частицы (или внутренний канал АВИ) по 4.1 (методика контроля), используя не менее трех размеров частиц для калибровки, которые покрывают большую часть диапазона размеров частиц $x_r$, обнаруживаемых счетчиком частиц;
- построить кривую калибровки по этим напряжениям (или внутренним каналам АВИ) и нанести размеры частиц для калибровки;
- определить размер частиц $x_s$ по установке напряжения счетчика (или внутреннего канала АВИ) по кривой калибровки;
- вычислить ошибку калибровки $\varepsilon$ по уравнению (1) и проверить ее соответствие условию, приведенному в 3.2.

Примечание — Изготовителю рекомендуется определить метод построения кривой калибровки.

$$\varepsilon\,(\%) = \frac{x_s - x_r}{x_r} 100\ \%, \qquad (1)$$

где $\varepsilon$ — ошибка установки размеров, %;

$x_s$ — вычисленный размер частиц, мкм;

$x_r$ — диапазон размеров обнаруженных частиц, мкм.

### 4.3 Эффективность счета

Проверку эффективности счета выполняют по двум размерам частиц для калибровки: один из них должен быть близок к нижнему порогу чувствительности счетчика, другой в 1,5—2 раза выше этого значения.

Определить счетную концентрацию частиц обоих размеров калибруемым счетчиком и эталонным прибором (конденсационным счетчиком частиц или ранее калиброванным счетчиком частиц) (см. приложение В).

Примечание — Синонимом термина «конденсационный счетчик частиц» является термин «счетчик ядер конденсации».

Эффективность счета равна отношению концентраций частиц, зарегистрированных калибруемым счетчиком и эталонным прибором. При этом концентрация частиц в контрольной пробе должна быть не более 25 % максимально допустимой концентрации частиц для обоих счетчиков (калибруемого и эталонного).

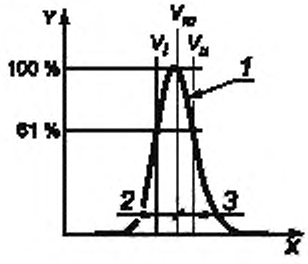
### 4.4 Разрешающая способность по размерам частиц

Проверку этого показателя выполняют для рекомендованного изготовителем размера частиц для калибровки $\sigma_p$. Должно быть известно стандартное отклонение частиц для калибровки. Следует определить медиану напряжения (или канал) $V_m$ с помощью частиц для калибровки, как показано на рисунке 4.

Нижний $V_l$ и верхний $V_u$ пределы напряжения должны соответствовать плотности 61 %. По кривой калибровки следует определить размеры частиц, соответствующие $V_l$ и $V_u$. Далее следует определить абсолютную величину разности между размерами частиц PSL и размером частиц, соответствующим $V_l$ и $V_u$. Бóльшая разность даст наблюдаемое стандартное отклонение $\sigma$. Далее по формуле (2) следует вычислить разрешающую способность в процентах (см. также приложение С).

$$R(\%) = \frac{\sqrt{\sigma^2 - \sigma_p^2}}{x_p} 100\ \%, \qquad (2)$$

где $R$ — разрешающая способность по размеру, %;
$\sigma$ — наблюдаемое стандартное отклонение, мкм;
$\sigma_p$ — стандартное отклонение по частицам для калибровки, указанное изготовителем, мкм;
$x_p$ — размер частиц для калибровки, мкм.




*X* — напряжение высоты импульсов (или канал); *Y* — плотность распределения; *1* — распределение высоты импульсов для частиц PSL; *2* — нижнее значение разрешающей способности, *3* — верхнее значение разрешающей способности; $V_l$ — нижний предел напряжения; $V_m$ — медиана напряжения; $V_u$ — верхний предел напряжения

Рисунок 4 — Разрешающая способность по размерам

### 4.5 Ложный счет

Ложный счет равен полученной концентрации частиц в 1 м$^3$, когда счетчик частиц установлен на нижний порог чувствительности и на счетчик подается не содержащий частиц воздух. Статистическая обработка данных выполняется по распределению Пуассона с 95 %-ным верхним доверительным пределом (приложение D). Ложный счет выражается концентрацией частиц в 1 м$^3$.

### 4.6 Максимально допустимая концентрация частиц

Ошибка совпадения определяется по скорости отбора проб, времени прохода частицей зоны обнаружения и времени обработки данных. Эти величины зависят от конструкции счетчика. Расчет ошибки совпадения $L$, %, выполняется по формуле (3):

$$L(\%) = [1 - \exp(-q \cdot t \cdot C_{max})]100\ \%, \qquad (3)$$

где $q$ — скорость отбора проб, м$^3$/с;
$t$ — время прохода частиц через зоны обнаружения частиц счетчиком и обработки данных, с;
$C_{max}$ — максимально допустимая концентрация частиц, м$^3$.

Примечание — При увеличении концентрации частиц ошибка совпадения возрастает, т. к. несколько частиц воспринимается счетчиком как одна частица.

### 4.7 Скорость отбора пробы

Скорость отбора пробы (объемный расход воздуха) следует определять с помощью калиброванных (поверенных) приборов (расходомер с пузырьками в мыльной пленке, влажный расходомер газа). Следует проверить соответствие погрешности приборов требованиям 3.7. При использовании массово-

го расходомера полученное значение следует преобразовать в объемный расход воздуха. Данный пункт не распространяется на счетчики, не имеющие функции контроля скорости отбора пробы.

### 4.8 Время отбора пробы

Под временем отбора пробы понимается время, в течение которого счетчик ее анализирует (от начала счета частиц до окончания).

Отклонение времени отбора пробы определяется как

$$1-\frac{t}{t_0},$$

где $t$ — фактическое время отбора пробы;

$t_0$ — время отбора пробы, указанное изготовителем.

Следует убедиться, что полученное отклонение не выходит за пределы, указанные в 3.8. Время отбора пробы следует определять калиброванным прибором.

Данный пункт не распространяется на счетчики, не имеющие функции контроля времени отбора пробы.

### 4.9 Остаточный счет

Тест выполняют для нижнего порога чувствительности счетчика. Сначала в течение 10 мин следует отобрать пробу воздуха, содержащую частицы PSL с концентрацией, близкой к максимально допустимой концентрации частиц. Размер частиц PSL должен быть близок нижнему пределу чувствительности счетчика.

Далее следует:

- определить концентрацию частиц в течение времени $T_s$;
- подать на счетчик чистый воздух;
- через 10 с возобновить отбор пробы и продолжать его в течение времени $T_s$;
- определить отношение концентраций частиц до и после подачи чистого воздуха;
- проверить соответствие этого отношения условиям 3.9.

Время отбора пробы $T$ должно быть не более 60 с, число зарегистрированных частиц должно быть не менее 1000 (приложение Е).

### 4.10 Калибровка

Калибровку выполняют в плановом порядке с установленной периодичностью (см. 3.10), она должна включать как минимум калибровку по размерам, разрешающей способности, по эффективности счета и отклонению скорости отбора пробы. Данный пункт не распространяется на счетчики, не имеющие функции контроля скорости отбора пробы.

Приложение А
(справочное)

## Неопределенность при калибровке по размерам

**А.1 Калибровка по размерам с использованием внешнего или встроенного анализатора высоты импульсов**

На рисунке А.1 показана последовательность калибровки частиц с использованием внешнего анализатора высоты импульсов (АВИ) и вольтметра. Причинами недостоверности могут быть:

- частицы PSL;
- анализатор высоты импульсов (АВИ);
- вольтметр;
- напряжение смещения в цепи установки размера.

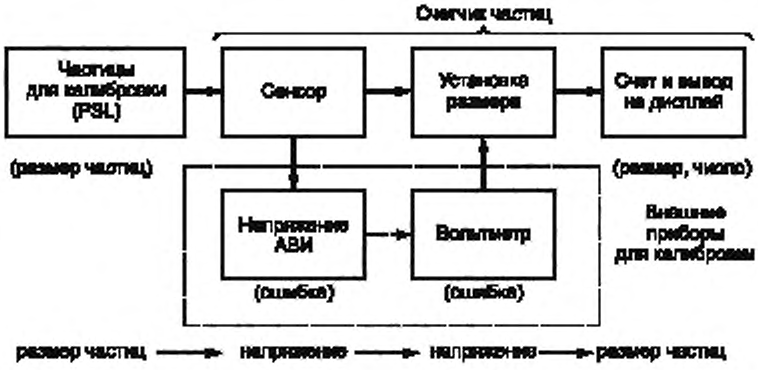



Рисунок А.1 — Калибровка по размерам частиц с использованием внешних приборов (АВИ и вольтметра)

При использовании встроенного АВИ (рисунок А.2) неопределенность калибровки по размерам частиц зависит только от размеров частиц PSL.

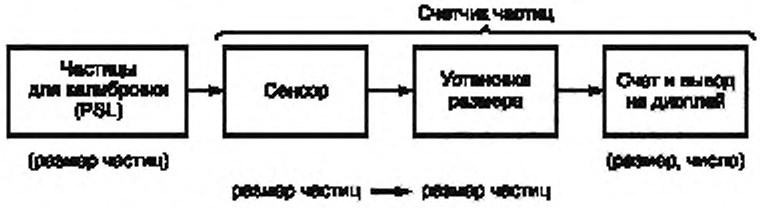



Рисунок А.2 — Калибровка по размерам частиц с использованием встроенного АВИ

**А.2 Неопределенность калибровки по размерам**

В таблицах А.1 и А.2 даны примеры суммарной неопределенности калибровки частиц по размерам:

- в таблице А.1 — для внешнего АВИ и вольтметра;
- в таблице А.2 — для встроенного АВИ.

Суммарная неопределенность калибровки для встроенного АВИ ниже, чем при использовании внешнего АВИ.

Таблица А.1 — Относительное стандартное отклонение при калибровке по размерам для внешнего АВИ и вольтметра

| Наименование | Стандартное отклонение, % |
|---|---|
| Частицы PSL | 2,5 |
| АВИ | 2,5 |
| Вольтметр | 0,1 |
| Напряжение смещения | 0,5 |
| Кривая калибровки | 1,5 |
| Суммарная стандартная неопределенность | 3,9 |
| Расширенная неопределенность ($k$ = 2) | 7,8 |
| Примечание — Под стандартной неопределенностью кривой калибровки понимается неопределенность соотношения между размерами частиц и предельным напряжением или каналом АВИ. | |

Таблица А.2 — Относительное стандартное отклонение при калибровке по размерам для встроенного АВИ

| Наименование | Стандартное отклонение, % |
|---|---|
| Частицы PSL | 2,5 |
| Кривая калибровки | 1,5 |
| Суммарная стандартная неопределенность | 2,9 |
| Расширенная неопределенность ($k$ = 2) | 5,8 |
| Примечание — Под стандартной неопределенностью кривой калибровки понимается неопределенность соотношения между размерами частиц и предельным напряжением или каналом АВИ. | |

**Приложение В**
**(справочное)**

## Эффективность счета

Схема системы контроля эффективности показана на рисунке В.1. Генератор аэрозолей подает чистый воздух с частицами PSL. Эффективность счета эталонного счетчика для нижнего порога чувствительности известна.

Эффективность счета равна отношению концентраций частиц, определенных калибруемым счетчиком и эталонным счетчиком. Концентрация частиц в пробе должна быть меньше 75 % максимально допустимой концентрации как для калибруемого, так и для эталонного счетчика. Эффективность счета эталонного счетчика должна составлять 100 % при ее подтверждении счетчиком ядер конденсации или быть известной.




Рисунок В.1 — Пример системы контроля эффективности счетчика

Эффективность счета $n$, %, определяют по формуле:

$$n = \frac{c_1}{c_0} 100\ \%, \qquad (B.1)$$

где $c_1$ — концентрация частиц, определенная счетчиком, частиц/м$^3$.
$c_0$ — концентрация частиц, определенная эталонным счетчиком, частиц/м$^3$.

**Приложение С**
**(справочное)**

## Разрешающая способность по размерам

Разрешающая способность по размерам определяется как стандартное отклонение полученного распределения частиц монодисперсного аэрозоля, используемого для калибровки, к среднему значению размера этих частиц, выраженное в процентах.

Если предположить, что размер частиц для калибровки имеет распределение Гаусса, то

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\}, \quad (C.1)$$

где $f(x)$ — функция распределения Гаусса;

$x$ — размер частиц;

$\mu$ — средний размер частиц;

$\sigma$ — стандартное отклонение.

Если $(x-\mu)=\pm\sigma$, то отношение плотности к максимальной плотности равно

$$\exp\left(-\frac{1}{2}\right) \approx 0{,}61.$$

Это служит основой для использования величины 61 % для определения разрешающей способности по размерам.

**Приложение D**
**(справочное)**

## Ложный счет

Предполагается, что вероятность ложного счета подчиняется распределению Пуассона:

$$P(X;\lambda) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{X}}{X}, \quad (D.1)$$

где $X$ — число ложно сосчитанных частиц;

$\lambda$ — среднее число частиц;

$P(X;\lambda)$ — вероятность обнаружения $X$ частиц из совокупности со средним значением $\lambda$.

Нижний доверительный предел $\lambda_l$ определяют по уравнению

$$\sum_{X=X}^{\infty} P(X,\lambda_l) = \frac{\varepsilon}{2}, \quad (D.2)$$

где $\varepsilon$— ошибка установки размера.

Верхний доверительный предел $\lambda_u$ определяют по уравнению

$$\sum_{X=0}^{X} P(X;\lambda_u) = \frac{\varepsilon}{2}. \quad (D.3)$$

При 95 %-ном доверительном пределе $\varepsilon = 0{,}05$.

В таблице D.1 показаны числа обнаруженных частиц и вычисленные значения верхнего и нижнего 95 %-ных доверительных пределов. Если число обнаруженных частиц равно нулю, то можно получить три частицы с вероятностью 5 %. Если нулевой счет имеет место в течение 15 мин при скорости отбора проб 28,3 л/мин, то ложный счет составит три частицы в пробе, отобранной за 15 мин при 95 %-ном доверительном пределе, т. е. число ложно сосчитанных частиц в 1 м$^3$ будет равно 7.

Таблица D.1 — Число обнаруженных частиц и 95 %-ный доверительный предел

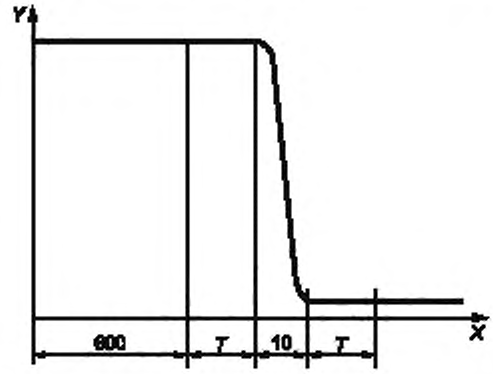
| Число обнаруженных частиц | Нижний доверительный предел $\lambda_l$ | Верхний доверительный предел $\lambda_u$ |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 3 |
| 1 | 0,05 | 4,7 |
| 2 | 0,36 | 6,3 |
| 3 | 0,82 | 7,8 |
| 4 | 1,37 | 9,2 |
| 5 | 1,97 | 10,5 |
| 6 | 2,61 | 11,8 |
| 7 | 3,28 | 13,1 |
| 8 | 3,98 | 14,4 |
| 9 | 4,70 | 15,7 |
| 10 | 5,43 | 17,0 |

**Приложение Е**
**(справочное)**

## Остаточный счет

Контроль остаточного счета проводят для оценки загрязнения счетчика путем подачи в него чистого воздуха после отбора пробы с высокой концентрацией частиц. При малом потоке воздуха через сенсор оставшиеся в сенсоре частицы являются причиной неудовлетворительного остаточного счета. При длительной эксплуатации счетчика частиц возможно оседание частиц в сенсоре.

При проведении этого теста следует подавать в счетчик частиц пробу с высокой концентрацией частиц в течение 10 мин. После этого определяют концентрацию частиц в течение времени $T_s$, затем в счетчик подают чистый воздух. После выдержки 10 с снова определяют концентрацию частиц в течение времени $T_s$.




*X* — время (секунды); *Y* — концентрация частиц; *T* — длительность интервала времени счета частиц, $T \leq 60$ с

Рисунок Е.1 — Остаточный счет

## Библиография


[1] ISO 9276-1 — Representation of results of particle size analysis — Part 1: Graphical representation

[2] ISO 14644-1 — Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness

[3] ASTM F50-92 (2001)e1 — Standard Practice for Continuous Sizing and Counting of Airborne Particles in Dust-Controlled Areas and Clean Rooms Using Instruments Capable of Detection Single Sub-Micrometre and Large Particles

[4] ASTM F328-98 (2003) — Standard Practice for Calibration of an Airborne Particle Counter Using Monodisperse Spherical Particles

[5] ASTM F649-01 — Standard Practice for Secondary Calibration of Airborne Particle Counter Using Comparison Procedures

[6] JIS B 9921.1997 — Light scattering automatic particle counter

[7] — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993, corrected and reprinted in 1995

УДК 543.275.083:628.511:006.354 ОКС 19.120 Т58

Ключевые слова: чистый воздух, частица, аэрозоль, счетная концентрация частиц, счетчик частиц, счетчики ядер концентрации, калибровка, работоспособность, контроль

Редактор *А.Д. Чейка*
Технический редактор *Е.В. Беспрозванная*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 31.08.2014. Подписано в печать 07.10.2014. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,80. Тираж 35 экз. Зак. 4225.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru