

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ КОНТРОЛИРУЕМЫЕ СРЕДЫ

Часть 1

Классификация чистоты воздуха

Издание официальное

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Ассоциацией инженеров по контролю микрозагрязнений (АСИНКОМ)

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

2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 18 мая 2000 г. № 141-ст

3 Настоящий стандарт представляет собой аутентичный текст международного стандарта ИСО 14644-1—99 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1: Классификация чистоты воздуха»

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Содержание

1 Область применения	1
2 Определения	1
3 Классы чистоты	3
4 Проверка соответствия	4
Приложение А Графическое представление классов чистоты	6
Приложение В Методика определения классов чистоты по частицам с использованием прибора дискретного счета частиц по рассеянию света	7
Приложение С Статистическая обработка данных о концентрации частиц	9
Приложение D Примеры вычисления классов чистоты	10
Приложение Е Особенности счета и оценки размеров частиц вне диапазона размеров, используемого для классификации	14
Приложение F Метод последовательного пробоотбора	15
Приложение G Библиография	18

Введение

Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды обеспечивают контроль аэрозольных загрязнений в пределах, определяемых видами деятельности, чувствительными к загрязнениям. Контроль микрозагрязнений нужен для продукции и процессов в таких отраслях как аэрокосмическая, микроэлектронная, фармацевтическая и пищевая промышленность, производство медицинских изделий и здравоохранение.

Настоящий стандарт определяет классификационные уровни, которые следует использовать для обозначения чистоты воздуха в чистых помещениях и связанных с ними контролируемых средах, а также стандартный метод контроля и определения концентрации аэрозольных частиц.

Применение настоящего стандарта для целей классификации ограничено указанным в нем диапазоном размеров частиц для определения пределов концентрации частиц. Стандарт также дает методы для определения и обозначения уровней чистоты, которые основаны на определении концентрации аэрозольных частиц с размером, меньшим или большим, чем размер, установленный для классификации.

Настоящий стандарт входит в серию стандартов, связанных с чистыми помещениями и контролем загрязнений. При проектировании, задании требований, эксплуатации и контроле чистых помещений и других контролируемых окружающих сред следует учитывать многие другие факторы, кроме загрязнения аэрозольными частицами. Эти факторы в определенной степени детализируются в других частях международных стандартов, разрабатываемых ИСО/ТК 209.

При определенных обстоятельствах соответствующие регулирующие органы могут вводить дополнительные условия и ограничения. В таких случаях может потребоваться соответствующая адаптация стандартных контрольных процедур.

Международный стандарт ИСО 14644 подготовлен Техническим комитетом ИСО/ТК 209, *Cleanrooms and associated controlled environments — Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды*:

- Часть 1: Классификация чистоты воздуха
- Часть 2: Формы регистрации для контроля и мониторинга для обоснования непрерывного соответствия стандарту ИСО 14644-1
- Часть 3: Метрология и методы испытаний
- Часть 4: Проектирование, строительство и пуск в эксплуатацию
- Часть 5: Эксплуатация
- Часть 6: Термины и определения
- Часть 7: Специальные устройства обеспечения чистоты.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ КОНТРОЛИРУЕМЫЕ СРЕДЫ

Часть 1

Классификация чистоты воздуха

Cleanrooms and associated controlled environments. Part 1. Classification of air cleanliness

Дата введения 2001—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает классификацию чистоты воздуха в чистых помещениях и связанных с ними контролируемых средах только по концентрации взвешенных в воздухе частиц (аэрозолей). Для целей классификации рассматриваются только аэродисперсные системы (множества частиц), имеющие распределения с ограниченными снизу размерами частиц (предельными значениями) от 0,1 до 5 мкм.

Настоящий стандарт не дает классификацию аэродисперсных систем (множеств), размеры частиц которых находятся вне установленного диапазона (от 0,1 до 5,0 мкм). Концентрации ультрамелких частиц (менее 0,1 мкм) и макрочастиц (более 5,0 мкм) могут использоваться для количественного описания таких аэродисперсных систем с помощью U-дескрипторов и M-дескрипторов соответственно.

Настоящий стандарт не может быть использован для характеристики физической, химической, радиологической природы аэрозолей, а также жизнеспособных частиц.

Примечание — Фактическое распределение концентраций частиц в более широких пределах размеров обычно непредсказуемо и, как правило, является переменным во времени.

2 Определения

В настоящем стандарте используются термины с соответствующими определениями.

2.1 Общая часть

2.1.1 чистое помещение (cleanroom): Помещение, в котором контролируется концентрация взвешенных в воздухе частиц и которое построено и используется так, чтобы свести к минимуму поступление, выделение и удержание частиц внутри помещения, и в котором, по мере необходимости, контролируются другие параметры, например, температура, влажность и давление.

2.1.2 чистая зона (clean zone): Определенное пространство, в котором контролируется концентрация взвешенных в воздухе частиц и которое построено и используется так, чтобы свести к минимуму поступление, выделение и удержание частиц внутри зоны, и в котором, по мере необходимости, контролируются другие параметры, например, температура, влажность и давление.

Примечание — Чистая зона может быть открытой или отгороженной и находиться как внутри, так и вне чистого помещения.

2.1.3 система чистого помещения (installation): Чистое помещение или одна или несколько чистых зон со всеми относящимися к ним структурами, системами подготовки воздуха, обслуживания и утилизации.

2.1.4 класс чистоты (classification): Уровень чистоты по взвешенным в воздухе частицам, применимый к чистому помещению или чистой зоне, выраженный в терминах «класс N ИСО», который определяет максимально допустимые концентрации (в частицах на кубометр воздуха) для рассматриваемых размеров частиц.

Примечания

1 Концентрация определяется по 3.2 (уравнение 1).

2 В соответствии с настоящим стандартом классы чистоты ограничены пределами от класса 1 ИСО до класса 9 ИСО.

3 Рассматриваемые размеры частиц (нижние пороговые значения), применимые для классификации в соответствии с настоящим стандартом, ограничены диапазоном 0,1 — 5,0 мкм. Для пороговых размеров частиц, находящихся вне диапазона, охватываемого классификацией, чистота воздуха может быть описана и определена (но не классифицирована) при помощи U- или M-дескрипторов (см. 2.3.1 или 2.3.2).

4 Промежуточные классификационные числа ИСО могут быть определены с наименьшим допустимым приращением 0,1; т. е. ряд промежуточных классов ИСО расширяется от класса 1,1 ИСО до класса 8,9 ИСО.

5 Класс чистоты может быть задан или достигнут в любом из трех состояний чистых помещений (см. 2.4).

2.2 Взвешенные в воздухе частицы — аэрозоли (Airborne particles)

2.2.1 частица (particle): Твердый или жидкий объект, который в целях классификации чистоты воздуха характеризуется совокупным распределением, основанным на пороговом размере (нижнем пределе) от 0,1 — 5,0 мкм.

2.2.2 размер частиц (particle size): Диаметр сферы, которая дает отклик в контролирующем приборе, равный отклику от оцениваемой частицы.

Примечание — Для дискретного счета частиц приборами, работающими на принципе рассеяния света, используется эквивалентный оптический диаметр.

2.2.3 концентрация частиц (particle concentration): Число отдельных частиц в единице объема воздуха.

2.2.4 распределение частиц по размерам (particle size distribution): Распределение концентрации частиц как функция их размеров.

2.2.5 ультрамелкая частица (ultrafine particle): Частица с эквивалентным диаметром менее 0,1 мкм.

2.2.6 макрочастица (macroparticle): Частица с эквивалентным диаметром более 5 мкм.

2.2.7 волокно (fibre): Частица вытянутой формы, длина которой превышает ширину в 10 или более раз.

2.3 Дескрипторы (Descriptors)

2.3.1 U-дескриптор (U-descriptor): Определенная или заданная концентрация частиц в 1 м³ воздуха, включая ультрамелкие частицы.

Примечание — U-дескриптор может рассматриваться как верхний предел для средних значений в точках отбора проб (или как верхний доверительный предел, зависящий от числа точек отбора проб, которым характеризуют чистое помещение или чистую зону). U-дескрипторы не могут использоваться для определения классов чистоты по взвешенным в воздухе частицам, но они могут указываться независимо или совместно с классами чистоты по взвешенным в воздухе частицам.

2.3.2 M-дескриптор (M-descriptor): Определенная или заданная концентрация макрочастиц в 1 м³ воздуха, выраженная через эквивалентный диаметр, который характеризует используемый метод измерения.

Примечание — M-дескриптор может рассматриваться как верхний предел средних значений в точках отбора проб (или как верхний доверительный предел, зависящий от числа точек отбора проб, которым характеризуют чистое помещение или чистую зону). M-дескрипторы не могут использоваться для определения классов чистоты по взвешенным в воздухе частицам, но они могут указываться независимо или совместно с классами чистоты по взвешенным в воздухе частицам.

2.4 Состояния чистого помещения (Occupancy states)

2.4.1 построенное (as-built): Состояние, в котором система чистых помещений завершена, все обслуживающие системы подключены, но отсутствует производственное оборудование, материалы и персонал.

2.4.2 оснащенное (at-rest): Состояние, в котором система чистых помещений укомплектована

оборудованием и отлажена в соответствии с соглашением между Заказчиком и Исполнителем, но персонал отсутствует.

2.4.3 эксплуатируемое (operational): Состояние, в котором система чистых помещений функционирует установленным образом, с установленной численностью персонала, работающего в соответствии с документацией.

2.5 Стороны (Roles)

2.5.1 Заказчик (customer): Организация или ее представитель, ответственный за точное определение требований к чистому помещению или чистой зоне.

2.5.2 Исполнитель (supplier): Организация, выполняющая установленные требования к чистому помещению или чистой зоне.

3 Классы чистоты

3.1 Состояния чистого помещения

Чистота воздуха по частицам в чистом помещении или чистой зоне должна быть определена по одному (или более) из трех состояний чистых помещений — построенному, оснащённому или эксплуатируемому (см. 2.4).

Примечание — Следует иметь в виду, что состояние «построенное» может применяться к недавно построенным или недавно реконструированным чистым помещениям или чистым зонам. После испытания в состоянии «построенное» дальнейшие испытания должны выполняться по согласованию в состояниях «оснащённое» или «эксплуатируемое», или в обоих.

3.2 Классификационное число

Чистота по взвешенным в воздухе частицам обозначается классификационным числом N . Максимально допустимая концентрация частиц C_n для каждого данного размера частиц D определяется из уравнения

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

где C_n — максимально допустимая концентрация (число частиц в кубометре воздуха) взвешенных в воздухе частиц, равных или больших чем данный размер частиц. C_n округляется до ближайшего целого числа, при этом используется не более трех значащих цифр;

N — классификационное число ИСО, которое не должно превышать значения 9. Промежуточные числа классификации ИСО могут быть определены с наименьшим допустимым приращением N , равным 0,1;

D — рассматриваемый размер частиц, мкм;

0,1 — константа, мкм.

В таблице 1 показаны классы чистоты по взвешенным в воздухе частицам и соответствующие концентрации частиц размерами, равными и большими указанных размеров. На рисунке А.1 принятие класса чистоты показано в графическом виде. В случае разногласий концентрация C_n , определяемая из уравнения (1), должна служить в качестве стандартного значения.

Таблица 1 — Классы чистоты по взвешенным в воздухе частицам для чистых помещений и чистых зон

Класс ИСО (Классификационное число N)	Пределы максимальных концентраций (частицы/м ³ воздуха) частиц размером, равным и большим приведенного ниже (уравнение 1 в 3.2), мкм					
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	5,0
Класс 1 ИСО	10	2				
Класс 2 ИСО	100	24	10	4		
Класс 3 ИСО	1 000	237	102	35	8	
Класс 4 ИСО	10 000	2 370	1 020	352	83	
Класс 5 ИСО	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
Класс 6 ИСО	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
Класс 7 ИСО				352 000	83 200	2 930
Класс 8 ИСО				3 520 000	832 000	29 300
Класс 9 ИСО				35 200 000	8 320 000	293 000

Примечание — Из-за неопределенности, связанной с процессом измерения, при классификации следует использовать данные по концентрации, имеющие не более трех значащих цифр.

3.3 Обозначение класса чистоты

Обозначение класса чистоты по взвешенным в воздухе частицам для чистых помещений и чистых зон включает:

- классификационное число, выраженное как «класс N ИСО»;
- состояние чистого помещения, для которого применяется классификация;
- рассматриваемый размер(ы) частиц и соответствующая концентрация(и), определенные по уравнению классификации (1), где каждый данный пороговый размер частиц находится в пределах 0,1—5,0 мкм.

Пример обозначения:

Класс 4 ИСО; эксплуатируемое состояние; рассматриваемые размеры:

0,2 мкм (2370 частиц/м³), 1 мкм (83 частицы/м³).

Рассматриваемый размер(ы) частиц, для которого следует определить концентрацию(и), должен быть согласован между Заказчиком и Исполнителем.

Если оценка должна быть сделана для более чем одного размера частиц, то каждый больший диаметр частицы (например, D_2) должен быть, по крайней мере, в 1,5 раза больше ближайшего меньшего диаметра частицы (например, D_1).

Например: $D_2 > 1,5 D_1$.

4 Проверка соответствия

4.1 Принцип проверки

Соответствие установленным Заказчиком требованиям к чистоте воздуха (классу ИСО) проверяется при испытаниях по определенным методикам с оформлением документации по результатам и условиям испытаний в соответствии с соглашением между Заказчиком и Исполнителем.

4.2 Испытания

Рекомендуемый метод испытания для демонстрации соответствия приведен в приложении В. Можно использовать альтернативный метод, который имеет сопоставимую точность с рекомендуемым. Если иной метод не определен или не согласован, то должен использоваться рекомендуемый метод.

Испытания, выполняемые для демонстрации соответствия, должны проводиться с использованием калиброванных приборов.

4.3 Пределы концентрации взвешенных в воздухе частиц

После завершения испытаний в соответствии с 4.2 следует рассчитать средние концентрации частиц и 95 %-ный верхний доверительный предел (если это требуется) по формулам, приведенным в приложении С.

Средние концентрации частиц, рассчитанные по формуле С.1, не должны превышать пределов концентрации, определенных уравнением (1) в 3.2, для заданных размеров (3.3 с).

Кроме того, для случаев, в которых число точек отбора проб не менее двух, но не более девяти, вычисленные 95 %-ные верхние доверительные пределы в соответствии с С.3 не должны превышать пределов концентрации, установленных выше.

Примечание — Примеры классификации приведены в приложении D.

При определении концентрации частиц и для целей классификации следует использовать один и тот же метод для всех рассматриваемых размеров частиц.

4.4 Протокол испытаний

Результаты испытаний каждого чистого помещения или чистой зоны должны быть оформлены в виде подробного протокола с указанием соответствия или несоответствия заданному классу чистоты по взвешенным в воздухе частицам.

Протокол испытаний должен включать:

- a) наименование, адрес проверяющей организации, дату проведения испытаний;
- b) обозначение настоящего стандарта; дату утверждения действующего издания;
- c) четкую планировку испытываемого чистого помещения или чистой зоны (включая информацию о соседних зонах, в случае необходимости) и координат всех точек отбора проб;
- d) данные о назначении чистого помещения или чистой зоны, включая классификацию по ИСО, соответствующее состояние(я) чистых помещений, и рассматриваемые размеры частиц;
- e) данные об использованном методе испытаний, включая любые специальные условия, относящиеся к испытаниям или к отклонениям от метода испытаний, а также данные о приборе для испытаний и его действующий сертификат калибровки;
- f) результаты испытаний, включая данные о концентрации частиц для всех точек отбора проб.

Примечание — Если концентрации ультрамелких частиц или макрочастиц определены количественно, как описано в приложении E, то соответствующая информация должна быть включена в протокол испытаний.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Графическое представление классов чистоты

На рисунке А.1 дано графическое представление классов чистоты воздуха, соответствующее таблице 1 (только с целью иллюстрации). Классы ИСО по таблице 1 показаны линиями, представляющими пределы концентрации для данных пороговых размеров частиц. Они основаны на вычислениях по уравнению 1 в 3.2. Поскольку линии только аппроксимируют границы классов, они не должны использоваться для определения этих границ.

Границы классификации, показанные на графике, не могут экстраполироваться за пределами сплошных кружков, которые указывают минимальные и максимальные пределы размеров частиц, применяемых для каждого из показанных классов ИСО.

Границы классификации не представляют фактических распределений частиц по размерам, имеющих место в чистых помещениях и чистых зонах.

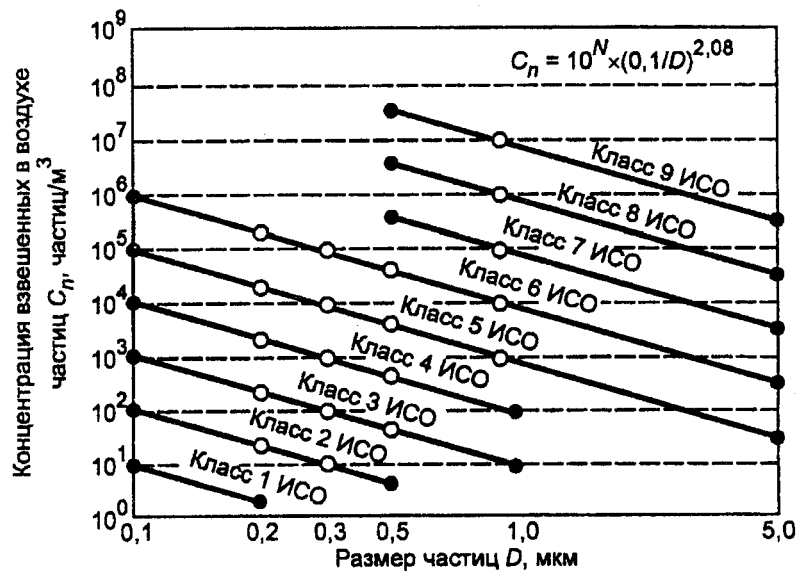


Рисунок А.1 — Графическое представление пределов концентрации для принятых классов ИСО

Примечания

1 C_n представляет максимально допустимую концентрацию (число частиц в кубометре воздуха) взвешенных в воздухе частиц, равных и больших, чем данный размер частиц.

2 N — установленное классификационное число ИСО.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

**Методика определения классов чистоты по частицам с использованием прибора
дискретного счета частиц по рассеянию света**

В.1 Принцип

Для определения концентрации взвешенных в воздухе частиц размерами, равными и большими заданных размеров, в указанных точках отбора проб используется прибор дискретного счета частиц по рассеянию света.

В.2 Требования к прибору

В.2.1 Прибор для счета частиц

Дискретный счетчик частиц — светорассеивающий прибор для визуального показа или записи счета и размера дискретных частиц в воздухе с возможностью разделения их по размерам для определения общей концентрации частиц в пределах размеров частиц для данного класса и системы отбора проб.

В.2.2 Калибровка прибора

Прибор должен иметь действующий сертификат калибровки; периодичность и метод калибровки должны быть основаны на принятой в настоящее время практике.

В.3 Условия до испытаний

В.3.1 Подготовка к испытаниям

Перед испытаниями проверяют, чтобы все составляющие чистого помещения или чистой зоны, влияющие на ее эксплуатационную целостность, были готовы и функционировали в соответствии с технической документацией.

Такая подготовка может включать, например, проверку:

- a) расхода воздуха или скорости воздушного потока;
- b) разности (перепадов) давления воздуха;
- c) герметичности ограждающих конструкций;
- d) неплотностей (утечек) в установленных фильтрах.

В.3.2 Подготовка оборудования перед испытаниями

Производится установка оборудования и калибровка прибора в соответствии с инструкциями изготовителя.

В.4 Отбор проб

В.4.1 Определение точек отбора проб

В.4.1.1 Определяется минимальное число точек отбора проб по формуле

$$N_L = \sqrt{A}, \quad (\text{В.1})$$

где N_L — минимальное число точек отбора проб (округленное до большего целого числа);

A — площадь чистого помещения или чистой зоны, м².

П р и м е ч а н и е — В случае однонаправленного горизонтального воздушного потока площадь A может рассматриваться как поперечное сечение перемещающегося воздуха, перпендикулярное направлению воздушного потока.

В.4.1.2 Проверяется, что точки отбора проб равномерно распределены по площади чистого помещения или чистой зоны и установлены на высоте производственной деятельности.

Если Заказчик указывает дополнительные точки отбора проб, их число и расположение должны быть точно определены.

П р и м е ч а н и е — Такие дополнительные точки отбора проб могут быть критическими точками, полученными при анализе риска.

В.4.2 Определение объема отдельной пробы для данной точки отбора

В.4.2.1 В каждой точке производится отбор такого объема воздуха, чтобы в нем было обнаружено не менее 20 частиц, если их концентрация для наибольшего данного размера находится в границах указанного класса ИСО.

Минимальный объем отдельной пробы V_s , л, в одной точке отбора определяется по формуле

$$V_s = \frac{20}{C_{n,m}} \times 1000, \quad (\text{В.2})$$

где $C_{n,m}$ — предел (граница) класса (число частиц в кубическом метре) для наибольшего размера частиц, специфицированных для соответствующего класса;
20 — число частиц, которые могли бы быть сосчитаны, если бы концентрация частиц находилась в пределе указанного класса.

Примечание — Для очень большого V_s время, требуемое для отбора пробы, может быть велико. Используя процедуру последовательного отбора проб (приложение F), требуемые объем пробы и время отбора можно сократить.

В.4.2.2 В каждой точке необходимо отобрать не менее 2 л воздуха с минимальным временем отбора в каждой точке, равным 1 мин.

В.4.3 Процедура отбора проб

В.4.3.1 Счетчик частиц размещается (В.2.1) в соответствии с инструкциями изготовителя и сертификатом калировки прибора.

В.4.3.2 Пробоотборный зонд должен быть установлен навстречу воздушному потоку. Если направление воздушного потока, из которого производится отбор, не контролируется или непредсказуемо (например, неоднаправленный воздушный поток), то вход пробоотборного зонда должен быть направлен вертикально вверх.

В.4.3.3 Объем воздуха, определенный в В.4.2, отбирают, как минимум, в каждой точке отбора проб.

В.4.3.4 Если точка отбора одна (В.4.1), то в ней отбирается не менее трех отдельных пробных объемов (В.4.2).

В.5 Обработка результатов

В.5.1 Средняя концентрация частиц в каждой точке отбора проб

В.5.1.1 Результаты каждого измерения пробы представляют в виде концентрации для каждого данного размера частиц (3.3) по соответствующей классификации чистоты воздуха.

Примечание — Перед тем как приступить к вычислению 95 %-ного верхнего доверительного предела, следует ознакомиться с требованиями В.6.1.

В.5.1.2 Если пробу отбирают только в одной точке, вычисляют и записывают среднее значение по данным всех выполненных отборов (В.4.3.4) для каждого данного размера частиц.

В.5.1.3 Если в каждой точке отбирают два или более отдельных объемов проб, то рассчитывают среднюю концентрацию для каждого данного размера частиц на основании измерений отдельных проб (В.5.1.1) согласно методике, приведенной в С.2, и результаты оформляются.

В.5.2. Требование для вычисления 95 %-ного верхнего доверительного предела (ВДП)

В.5.2.1 Если число точек отбора более одной и менее десяти, рассчитывается полное среднее по средним в точках пробоотбора, стандартное отклонение и 95 %-ный верхний доверительный предел средних концентраций частиц для всех точек отбора (В.5.1) по методике, приведенной в С.3.

В.5.2.2 Для одной точки отбора или когда их более девяти, вычисление 95 %-ного верхнего доверительного предела не применимо.

В.6 Интерпретация результатов

В.6.1 Требования классификации

Считается, что чистое помещение или чистая зона соответствует заданному классу чистоты воздуха, если средние концентрации частиц в каждой точке отбора и, при необходимости, 95 %-ный верхний доверительный предел, рассчитанный согласно В.5.2, не превышают пределов концентрации, рассчитанных в соответствии с уравнением (1).

Если результаты испытаний не соответствуют заданному классу, испытания могут быть выполнены в дополнительных равномерно распределенных точках отбора проб. Результаты пересчета, включая данные от добавленных точек отбора проб, следует считать определяющими.

В.6.2 Обработка резко выделяющихся значений (выбросов)

Результат вычисления 95 %-ного верхнего доверительного предела может не соответствовать заданному классу ИСО. Если несоответствие (выброс) вызвано случайной причиной (ошибка измерения из-за процедурной погрешности или сбоя оборудования) или от необычно низкой концентрации частиц (из-за исключительно чистого воздуха), то «выброс» может быть исключен при вычислении при следующих условиях:

- а) вычисление повторено, включая все остальные точки пробоотбора;
- б) не менее трех значений измерения сохраняются при вычислении;
- в) не более одного значения измерения исключено из вычисления;

д) предполагаемая причина ошибочного измерения или низкая концентрация частиц регистрируются и принимаются как Заказчиком, так и Исполнителем.

Примечание — Значительно расходящиеся значения концентраций частиц в точках пробоотбора могут быть приемлемыми и даже преднамеренно заложенными в зависимости от сферы применения испытываемой системы чистого помещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ С
(обязательное)

Статистическая обработка данных о концентрации частиц

С.1 Пояснение

Данный статистический анализ рассматривает только случайные ошибки (недостаточную точность), а не погрешности неслучайной природы (например, погрешности измерения, связанные с ошибочной калибровкой).

С.2 Алгоритм для вычисления средней концентрации частиц в точке отбора (\bar{x}_i)

Если в точке берется множество проб, то для определения средней концентрации частиц в точке i \bar{x}_i должно использоваться уравнение

$$\bar{x}_i = \frac{x_{i,1} + x_{i,2} + \dots + x_{i,n}}{n}, \quad (\text{С.1})$$

где $x_{i,1}, \dots, x_{i,n}$ — концентрации частиц в отдельных пробах в точке i ;
 n — число проб, взятых в точке i .

Вычисление средней концентрации частиц должно быть выполнено для каждой точки пробоотбора, в которой были взяты две или более пробы.

С.3 Алгоритмы для вычисления 95 %-ного верхнего доверительного предела

С.3.1 Принцип

Этот метод применим при числе точек пробоотбора, большем и меньшем десяти. В этом случае данная процедура должна использоваться в дополнение к алгоритму, описанному формулой (С.1).

С.3.2 Полное среднее значение средних арифметических значений (\bar{x})

Полное (итоговое) среднее значение по точкам пробоотбора от среднего арифметического по числу проб x вычисляют по формуле

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_{i,1} + \bar{x}_{i,2} + \dots + \bar{x}_{i,m}}{m}, \quad (\text{С.2})$$

где $\bar{x}_{i,1}, \dots, \bar{x}_{i,m}$ — средние для отдельных точек пробоотбора, определенные при помощи формулы (С.1);
 m — число отдельных средних в каждой точке.

Все средние арифметические в отдельных точках имеют одинаковый вес, независимо от числа проб, взятых в любой данной точке.

С.3.3 Стандартное отклонение среднего (средних) по точкам пробоотбора

Стандартное отклонение средних по точкам пробоотбора s определяют по формуле

$$s = \sqrt{\frac{(\bar{x}_{i,1} - \bar{x})^2 + (\bar{x}_{i,2} - \bar{x})^2 + \dots + (\bar{x}_{i,m} - \bar{x})^2}{(m-1)}}, \quad (\text{С.3})$$

где $\bar{x}_{i,1}, \dots, \bar{x}_{i,m}$ — средние для отдельных точек пробоотбора, определенные при помощи формулы (С.1);
 \bar{x} — полное (итоговое) среднее значение по точкам пробоотбора от среднего арифметического по числу проб;
 m — число отдельных средних в каждой точке.

С.3.4 95 %-ный верхний доверительный предел (ВДП) для полного среднего значения

95 %-ный верхний доверительный предел для полного среднего значения определяют по формуле

$$95 \% \text{ ВДП} = \bar{x} + t_{0,95} \left(\frac{s}{\sqrt{m}} \right), \quad (\text{С.4})$$

где \bar{x} — полное (итоговое) среднее значение по точкам пробоотбора от среднего арифметического по числу проб;

$t_{0,95}$ — 95 %-ный процентиль (квантиль) t -распределения с $m-1$ степенями свободы;

m — число отдельных средних в каждой точке.

Значения квантиля t -распределения Стьюдента ($t_{0,95}$) для 95 %-ного ВДП приведены в таблице С.1. Кроме того, могут использоваться t -распределения Стьюдента, имеющиеся в статистических компьютерных программах.

Таблица С.1 — Значения квантиля t -распределения Стьюдента для 95 %-ного верхнего доверительного предела

Число одиночных средних (m)	2	3	4	5	6	7—9
t	6,3	2,9	2,4	2,1	2,0	1,9

ПРИЛОЖЕНИЕ D

(справочное)

Примеры вычисления классов чистоты

D.1 Пример 1

D.1.1 Рассматривается чистое помещение площадью $A = 80 \text{ м}^2$. Требуется определить класс чистоты по взвешенным в воздухе частицам в эксплуатируемом состоянии.

Заданный класс чистоты воздуха в чистом помещении — класс 5 ИСО.

D.1.2 Выбраны два размера частиц: 0,3 мкм (D_1) и 0,5 мкм (D_2).

а) Оба размера частиц лежат в пределах, соответствующих классу 5 ИСО (см. 3.3 с) и таблицу 1) $0,1 \text{ мкм} \leq 0,3 \text{ мкм}$; $0,5 \text{ мкм} \leq 5 \text{ мкм}$.

б) Требования по относительному увеличению размеров частиц, $D_2 \geq 1,5 \times D_1$ [см. 3.3 с)], удовлетворяют: $0,5 \text{ мкм} \leq (1,5 \times 0,3 \text{ мкм} = 0,45 \text{ мкм})$.

D.1.3 Максимально допустимые концентрации взвешенных в воздухе частиц рассчитаны в соответствии с уравнением (1).

Для частиц $\geq 0,3 \text{ мкм}$ (D_1):

$$C_n = \left(\frac{0,1}{0,3}\right)^{2,08} \times 10^5 = 10\,176 \quad (\text{D.1})$$

округляется до 10 200 частиц/м³.

Для частиц $\geq 0,5 \text{ мкм}$ (D_2):

$$C_n = \left(\frac{0,1}{0,5}\right)^{2,08} \times 10^5 = 3\,517 \quad (\text{D.2})$$

округляется до 3 520 частиц/м³.

D.1.4 Число точек пробоотбора получено в соответствии с уравнением (B.1)

$$N_L = \sqrt{A} = \sqrt{80} = 8,94 \text{ (округляется до 9)}. \quad (\text{D.3})$$

Таким образом, минимальное число точек пробоотбора — девять и, поскольку число точек пробоотбора меньше десяти, вычисление 95 %-ного ВДП согласно приложению С допустимо.

D.1.5 Объем отдельной пробы V_s , л, рассчитывают в соответствии с уравнением (B.2)

$$V_s = \frac{20}{C_{n,m}} \times 1000 = \frac{20}{3\,517} \times 1000 = 5,69 \text{ л}. \quad (\text{D.4})$$

Результат больше 2 л и объем отобранной пробы в течение 1 мин составил 28 л (объемная скорость потока, характерная для приборов с дискретным счетом частиц по рассеянию света).

Этот пробоотбор был основан на следующих данных:

а) $V_s > 2 \text{ л}$ (см. B.4.2.2).

б) $C_{n,m} > 20 \text{ частиц/м}^3$ (см. B.4.2.1).

с) Время отбора $\geq 1 \text{ мин}$ (см. B.4.2.2).

D.1.6 В каждой точке пробоотбора берется только один объем отдельной пробы (28 л) (B.4.2.1). Результаты счета, полученные при измерениях, зарегистрированы (B.5.1.1) в таблицах.

Точка пробоотбора	Число частиц размером	
	≥ 0,3 мкм	≥ 0,5 мкм
1	245	21
2	185	24
3	59	0
4	106	7
5	164	22
6	196	25
7	226	23
8	224	37
9	195	19

D.1.7 Из необработанных данных (D.1.6) рассчитывается число частиц в 1 м³, x_i .

Точка пробоотбора	Число частиц в 1 м ³ , x_i	
	≥ 0,3 мкм	≥ 0,5 мкм
1	8 750	750
2	6 607	857
3	2 107	0
4	3 786	250
5	5 857	786
6	7 000	893
7	8 071	821
8	8 000	1 321
9	6 964	679

Каждое расчетное значение концентрации для 0,3 и 0,5 мкм меньше значений пределов, установленных в D.1.3. Это удовлетворяет первой части классификации (B.6.1) и поэтому вычисление 95 %-ного ВДП согласно приложению С допустимо.

D.1.8 Вычисление средней концентрации в соответствии с уравнением (C.1) (см. C.2) недопустимо, поскольку взятые объемы проб были единственными объемами, которые представляли среднюю концентрацию частиц в каждой точке. Полные средние по точкам пробоотбора рассчитывают в соответствии с уравнением (C.2)

Для частиц ≥ 0,3 мкм:

$$\bar{x} = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 8\ 750 + 6\ 607 + 2\ 107 + 3\ 786 \\ + 5\ 857 + 7\ 000 + 8\ 071 + 8\ 000 \\ + 6\ 964 \end{pmatrix} =$$

$$= \frac{1}{9} \times 57\ 142 = 6\ 349,1 \text{ округляется до } 6\ 349 \text{ частиц/м}^3. \quad (\text{D.5})$$

Для частиц $\geq 0,5$ мкм:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{9} \left(\begin{array}{l} 750 + 857 + 0 + 250 + 786 \\ + 893 + 821 + 1\,321 + 679 \end{array} \right) = \\ &= \frac{1}{9} \times 6\,357 = 706,3 \text{ округляется до } 706 \text{ частиц/м}^3.\end{aligned}\quad (\text{D.6})$$

D.1.9 Стандартные отклонения средних по точкам пробоотбора рассчитывают в соответствии с уравнением (С.3)

Для частиц $\geq 0,3$ мкм:

$$\begin{aligned}s^2 &= \frac{1}{8} \left(\begin{array}{l} (8\,750 - 6\,349)^2 + (6\,607 - 6\,349)^2 \\ + (2\,107 - 6\,349)^2 + (3\,786 - 6\,349)^2 \\ + (5\,857 - 6\,349)^2 + (7\,000 - 6\,349)^2 \\ + (8\,071 - 6\,349)^2 + (8\,000 - 6\,349)^2 \\ + (6\,964 - 6\,349)^2 \end{array} \right) = \\ &= \frac{1}{8} \times 37\,130\,073 = 4\,641\,259,1 \text{ округляется до } 4\,641\,259.\end{aligned}\quad (\text{D.7})$$

$$s = \sqrt{4\,641\,259} = 2\,154,4 \text{ округляется до } 2\,154 \text{ частиц/м}^3.\quad (\text{D.8})$$

Для частиц $\geq 0,5$ мкм:

$$\begin{aligned}s^2 &= \frac{1}{8} \left(\begin{array}{l} (750 - 706)^2 + (857 - 706)^2 \\ + (0 - 706)^2 + (250 - 706)^2 \\ + (786 - 706)^2 + (893 - 706)^2 \\ + (821 - 706)^2 + (1\,321 - 706)^2 \\ + (679 - 706)^2 \end{array} \right) = \\ &= \frac{1}{8} \times 1\,164\,657 = 145\,582,1 \text{ округляется до } 145\,582.\end{aligned}\quad (\text{D.9})$$

$$s = \sqrt{145\,582} = 381,6 \text{ округляется до } 382 \text{ частиц/м}^3.\quad (\text{D.10})$$

D.1.10 95 %-ные верхние доверительные пределы ВДП рассчитывают в соответствии с уравнением (С.4). Поскольку число индивидуальных средних $m = 9$, то значение квантиля t -распределения, взятое из таблицы С.1, будет 1,9.

$$\begin{aligned}95\% \text{ ВДП } (\geq 0,3 \text{ мкм}) &= 6\,349 + 1,9 \left(\frac{2\,154}{\sqrt{9}} \right) = \\ &= 7\,713,2 \text{ округляется до } 7\,713 \text{ частиц/м}^3.\end{aligned}\quad (\text{D.11})$$

$$\begin{aligned}95\% \text{ ВДП } (\geq 0,5 \text{ мкм}) &= 706 + 1,9 \left(\frac{382}{\sqrt{9}} \right) = \\ &= 947,9 \text{ округляется до } 948 \text{ частиц/м}^3.\end{aligned}\quad (\text{D.12})$$

D.1.11 Результаты интерпретируются согласно В.6.1. В D.1.7 показано, что концентрация частиц каждого объема отдельной пробы меньше установленных пределов класса. В D.1.10 показано, что расчетные значения 95 %-ного ВДП также меньше пределов класса, установленных в D.1.3.

Таким образом, чистота по взвешенным в воздухе частицам для чистого помещения удовлетворяет заданному классу.

D.2 Пример 2

D.2.1 Этот пример показывает влияние вычислений 95 %-ного ВДП на результаты.

Для чистого помещения задан класс 3 ИСО в эксплуатируемом состоянии. Число точек пробоотбора равно пяти. Поскольку число точек пробоотбора больше одной и меньше десяти, то вычисление 95 %-ного ВДП согласно приложению С допустимо.

Рассматривается только один размер частиц ($D \geq 0,1$ мкм).

D.2.2 Предел концентрации частиц для класса 3 ИСО для $\geq 0,1$ мкм берется из таблицы 1:

$$C_n (\geq 0,1 \text{ мкм}) = 1\,000 \text{ частиц/м}^3.$$

D.2.3 В каждой точке пробоотбора берут только один объем пробы (В.5.1.1). Число частиц в 1 м^3 (x_i) рассчитывают для каждой точки и приводят в таблице.

Точка пробоотбора	x_i , размером $\geq 0,1 \text{ мкм}$
1	926
2	958
3	937
4	963
5	214

Каждое значение концентрации для $D = 0,1 \text{ мкм}$ меньше предела, установленного в D.2.2. Этот результат удовлетворяет первой части классификации (В.6.1) и поэтому приступают к вычислению 95 %-ного ВДП согласно приложению С.

D.2.4 Полное среднее по точкам пробоотбора рассчитывают в соответствии с уравнением (С.2) (см. С.3.2):

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{5} (926 + 958 + 937 + 963 + 214) = \\ &= \frac{1}{5} \times 3998 = 799,6 \text{ округлено до } 800 \text{ частиц/м}^3.\end{aligned}\quad (\text{D.13})$$

D.2.5 Стандартное отклонение средних концентраций в точках пробоотбора рассчитывают в соответствии с уравнением (С.3)

$$\begin{aligned}s^2 &= \frac{1}{4} \left\{ \begin{aligned} &(926 - 800)^2 + (958 - 800)^2 \\ &+ (937 - 800)^2 + (963 - 800)^2 \\ &+ (214 - 800)^2 \end{aligned} \right\} = \\ &= \frac{1}{4} \times 429\,574 = 107\,393,5 \text{ округляется до } 107\,394.\end{aligned}\quad (\text{D.14})$$

$$s = \sqrt{107\,394} = 327,7, \text{ округляется до } 328 \text{ частиц/м}^3. \quad (\text{D.15})$$

D.2.6 95 %-ный ВДП рассчитывают в соответствии с уравнением (С.4)

Поскольку число отдельных средних равняется $m = 5$, то квантиль t -распределения, взятый из таблицы С.1, равен $t = 2,1$.

$$95 \% \text{ ВДП} = 800 + 2,1 \left(\frac{328}{\sqrt{5}} \right) = 1\,108 \text{ частиц/м}^3. \quad (\text{D.16})$$

D.2.7 Концентрации частиц всех отдельных объемов проб меньше, чем установленный предел класса (D.2.2).

Вычисление 95 %-ных верхних доверительных пределов показывает, однако, что чистота по взвешенным в воздухе частицам в чистом помещении не удовлетворяет установленной классификации.

Этот пример демонстрирует влияние отдельного «выброса» низкой концентрации частиц (то есть точки 5) на результат сравнения по 95 %-ному ВДП-критерию.

Поскольку несоответствие классификации чистоты воздуха следует из использования 95 %-ного ВДП и вызвано единственным значением низкой концентрации частиц, то для того, чтобы избежать несоответствия, следует использовать процедуру, описанную в В.6.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(справочное)

Особенности счета и оценки размеров частиц вне диапазона размеров, используемого для классификации**Е.1 Принцип**

В некоторых случаях, обычно связанных со специфическими требованиями процесса, могут быть заданы другие уровни чистоты воздуха для множества частиц, размеры которых не находятся внутри диапазона размеров, применяемого при классификации. Максимально допустимая концентрация таких частиц и выбор метода испытаний, которым проверяется соответствие требованиям, являются предметом соглашения между Заказчиком и Исполнителем. Особенности метода испытаний и обозначения даны в Е.2 (для U-дескрипторов) и Е.3 (для M-дескрипторов).

Е.2 Частицы размером менее 0,1 мкм (ультрамелкие частицы) — U-дескриптор**Е.2.1 Применение**

Если необходимо оценить риск загрязнения, связанный с частицами размером менее 0,1 мкм, то должны быть использованы пробоотборники и процедуры измерения, учитывающие особенности характеристик таких частиц.

Число точек пробоотбора должно быть установлено в соответствии с В.4.1 и минимальный объем пробы V_s должен составлять 2 л (В.4.2.2).

Е.2.2 Обозначение U-дескриптора

U-дескриптор может использоваться самостоятельно или как дополнение к классу чистоты. U-дескриптор обозначается как

$$U(x; y),$$

где x — максимально допустимая концентрация ультрамелких частиц (выраженная в числе ультрамелких частиц в 1 м^3 воздуха);

y — размер в микрометрах, при котором используемый счетчик дискретных частиц считает частицы с 50 %-ной эффективностью.

ПРИМЕР. Чтобы выразить максимально допустимую концентрацию ультрамелких частиц 140 000 частиц/ м^3 в диапазоне размеров частиц $\geq 0,01$ мкм, следует использовать обозначение: $U(140\ 000; 0,01 \text{ мкм})$.

Примечания

1 Соответствующие методы измерения концентрации взвешенных в воздухе частиц размером менее чем 0,1 мкм даны в IEST-G-CC1002 [1].

2 Если U-дескриптор используется как дополнение к классу чистоты по взвешенным в воздухе частицам, то концентрация ультрамелких частиц (x) должна быть не менее предела концентрации (частиц в 1 м^3), применяемого для данного размера 0,1 мкм для заданного класса ИСО.

Е.3 Частицы размером более 5 мкм (макрочастицы) — M-дескриптор**Е.3.1 Применение**

Если необходимо оценить риск загрязнения, связанный с частицами размером более 5 мкм, то должны быть использованы пробоотборники и процедуры измерения, учитывающие особенности характеристик таких частиц.

Поскольку выделение частиц в производственной среде обычно определяется наличием макрочастиц в системе взвешенных в воздухе частиц, то выбор пробоотборника и метод измерений должны учитывать особенности использования чистых помещений. Следует учесть такие факторы, как плотность, форма, объем и аэродинамическое поведение частиц. Следует обратить особое внимание на такие специфические компоненты взвешенных в воздухе частиц, как волокна.

Е.3.2 Обозначение M-дескриптора

M-дескриптор может использоваться самостоятельно или как дополнение к классам ИСО чистоты по взвешенным в воздухе частицам. M-дескриптор обозначается как

$$M(a, b); c,$$

где a — максимально допустимая концентрация макрочастиц (выраженная в числе макрочастиц в 1 м^3 воздуха);

- b* — эквивалентный диаметр (диаметры), связанный с точно установленным методом измерения макро-частиц (выраженный в микрометрах);
c — специфицированный метод измерения.

Примечания

1 Если в отобранной пробе взвешенных частиц содержатся волокна, то они могут быть учтены дополнением к *M*-дескриптору отдельного дескриптора для волокон, имеющим обозначение «*M*_{фibre} (*a*; *b*); *c*».

ПРИМЕР. Чтобы выразить концентрацию взвешенных в воздухе частиц, равную 10 000 частиц/м³, в диапазоне размеров частиц более 5 мкм, с использованием времяпролетного аэрозольного счетчика, с помощью которого определяется аэродинамический диаметр частиц, обозначение должно быть следующим:

M(10000; > 5 мкм); времяпролетный аэрозольный счетчик.

ПРИМЕР. Чтобы выразить концентрацию взвешенных в воздухе частиц, равную 1000 частиц/м³, в диапазоне размеров частиц 10—20 мкм, полученную с использованием каскадного импактора с последующим измерением размеров и счетом под микроскопом, обозначение должно быть следующим:

M(1000; 10 мкм . . . 20 мкм); каскадный импактор с последующим измерением размеров и счетом под микроскопом.

2 Соответствующие методы измерения концентрации взвешенных в воздухе частиц размером более 5 мкм даны в IEST-G-CC1003 [2].

3 Если *M*-дескриптор используется как дополнение к классу чистоты по взвешенным в воздухе частицам, то концентрация макрочастиц (*a*) не должна быть больше предела концентрации (частиц в кубометре), применяемого для данного размера 5 мкм для заданного класса ИСО.

ПРИЛОЖЕНИЕ F (справочное)

Метод последовательного пробоотбора

F.1 Фон и ограничения

F.1.1 Фон

Если отбираемая проба воздуха загрязнена значительно выше или ниже предела концентрации для класса по рассматриваемому размеру частиц, то использование метода последовательного пробоотбора может значительно уменьшить объемы проб и время отбора. Экономия времени может быть достигнута и при концентрации, близкой к заданному пределу. Последовательный пробоотбор наиболее подходит для случаев, когда воздух соответствует классу чистоты 4 ИСО или чище.

Примечание — Дальнейшую информацию относительно последовательного пробоотбора см. IEST-G-CC1004 [3].

F.1.2 Ограничения

Главные ограничения последовательного пробоотбора:

- метод применяется только в тех случаях, когда при пробоотборе ожидается счет 20 частиц в результате измерения (для частиц данного размера в соответствующем классе или пределе концентрации);
- каждое измерение пробы требует дополнительного контроля и анализа данных, который может быть выполнен с помощью компьютера;
- из-за меньшего объема пробы концентрации частиц не определяются так точно, как в обычных методах пробоотбора.

F.2 Основа метода

Метод основан на сравнении полного счета частиц в реальном времени относительно опорных значений счета. Опорные значения получены из уравнений для верхних и нижних граничных пределов:

$$\text{верхний предел: } C = 3,96 + 1,03 E, \quad (\text{F.1})$$

$$\text{нижний предел: } C = -3,96 + 1,03 E, \quad (\text{F.2})$$

где *C* — наблюдаемый счет;

E — ожидаемый счет.

Для облегчения сравнения данные могут быть представлены в форме графика (рисунок F.1) и в табличной форме (таблица F.1). Может использоваться любой подход.

По мере отбора воздуха в каждой указанной точке полный текущий счет непрерывно сравнивают с эталонными пределами счета, которые являются функцией отношения полного заданного объема к объему отобранного воздуха. Если текущий полный счет меньше нижнего эталонного предела счета, соответствующего объему отобранной пробы, то отбираемый воздух удовлетворяет заданному классу или пределу концентрации и пробоотбор прекращают.

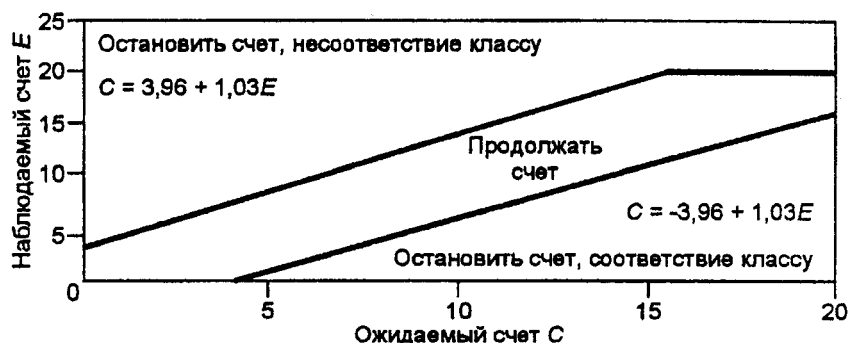


Рисунок F.1 — Границы соответствия или несоответствия счета по методу последовательного пробоотбора

Т а б л и ц а F.1 — Верхние и нижние пределы времени, в которых должен достигаться наблюдаемый счет C

Несоответствие классу, если счет C наступает раньше, чем ожидается		Соответствие классу, если счет C наступает позже, чем ожидается	
Точки отсчета времени, t	Наблюдаемый счет	Точки отсчета времени, t	Наблюдаемый счет
1	2	3	4
0,0019	4	0,1922	0
0,0505	5	0,2407	1
0,0992	6	0,2893	2
0,1476	7	0,3378	3
0,1961	8	0,3864	4
0,2447	9	0,4349	5
0,2932	10	0,4834	6
0,3417	11	0,5320	7
0,3902	12	0,5805	8
0,4388	13	0,6291	9
0,4873	14	0,6676	10
0,5359	15	0,7262	11
0,5844	16	0,7747	12
0,6330	17	0,8233	13
0,6815	18	0,8718	14
0,7300	19	0,9203	15
0,7786	20	0,9689	16
1,0000	21	1,0000	17

Примечание — Точки отсчета времени приведены как доли всего интервала времени ($t = 1,0000$ в пределе класса).

Если текущий счет превышает верхний предел (опорный счетный предел), соответствующий объему отобранной пробы, то отбираемый воздух не соответствует заданному классу или пределу по концентрации, и отбор пробы останавливают. По мере того, как текущий счет находится между верхним и нижним пределами, отбор пробы продолжают до тех пор, пока не накопится полная проба.

На графике (рисунок F.1) число наблюдаемого счета C представлено в зависимости от E — ожидаемого счета для отбираемого воздуха при скорости (объем от времени) счета, равной 20 частицам за время, которое

необходимо для измерения полной отдельной пробы воздуха, если концентрация соответствует заданному пределу для данного размера частиц.

Таблица F.1 дает эквивалентный метод, в котором время наблюдаемого счета S сравнивается с возрастающими долями времени, которое требовалось бы, чтобы измерить полную отдельную пробу, как показано в таблице E.1. Если счет завершается ранее, чем ожидалось по таблице, то отбираемый воздух не соответствует заданному пределу. Если счет происходит (заканчивается) позже, чем ожидалось, то отобранный воздух соответствует заданному пределу. В лучшем случае, потребуются 21 сравнение значений времени появления частиц со значениями предельного времени из таблицы E.1.

F.3 Метод отбора пробы

F.3.1 Рекомендации по отбору проб

Приведены два необязательных метода сравнения для оценки результата по мере поступления данных. Рекомендуется выполнить прогрессивный компьютерный анализ данных.

F.3.2 Графическое сравнение при отборе проб

Рисунок F.1 поясняет границы, установленные в уравнениях (F.1) и (F.2), с ограничениями $E = 20$, представляющими время, требуемое для отбора полной пробы, и $C = 20$, являющимся максимумом для дозволенного наблюдаемого счета.

Наблюдаемый счет нанесен на графике в зависимости от ожидаемого счета для воздуха, имеющего концентрацию частиц, соответствующую данному классу. Числа ожидаемого счета растут с течением времени ($E = 20$), необходимого для взятия полного объема пробы, если концентрация частиц соответствует данному классу.

Методика последовательного отбора проб с использованием рисунка F.1 состоит в следующем. При проведении отбора пробы записывают число подсчитанных частиц в зависимости от времени и сравнивают результаты счета с линиями верхнего и нижнего пределов (рисунок F.1). Если полный наблюдаемый счет пересекает верхнюю линию, отбор пробы в данной точке останавливают и регистрируют факт, что воздух не соответствует заданному классу. Если полный наблюдаемый счет пересекает нижнюю линию, пробоотбор останавливают и регистрируют факт, что воздух соответствует заданному классу. Если полный наблюдаемый счет остается между верхней и нижней линиями, то пробоотбор продолжают.

Если полный счет к концу заданного периода пробоотбора равен 20 или меньшему значению и не пересекает верхней линии, то считают, что воздух удовлетворяет данному классу.

F.3.3 Табличное сравнение проб

Таблица F.1 дает эквивалентный метод для использования с последовательным пробоотбором, также основанным на уравнениях (F.1) и (F.2). Время t в таблице принимает значение «1,0000», соответствующее продолжительности взятия полной отдельной пробы. Объем этой пробы — объем, необходимый для обеспечения подсчета 20 частиц, если воздух содержит эквивалентную концентрацию частиц данного размера, соответствующую данному классу. Значения времени, внесенные в таблицу, — доли полного времени, требуемого для взятия полной отдельной пробы.

Методика последовательного пробоотбора с использованием таблицы F.1 состоит в следующем. При проведении отбора пробы записывают число подсчитанных частиц в зависимости от времени и сравнивают время, для которого наблюдался каждый счет, со значениями времени, показанными в двух колонках таблицы. Если данный общий счет заканчивается ранее, чем ожидается, что выявляется сравнением с графой 2, то пробоотбор прекращают и регистрируют факт, что воздух не соответствует заданному пределу класса. Если полный наблюдаемый счет (происходит) заканчивается позже, чем ожидается, что выявляется сравнением с графой 4, то пробоотбор прекращают, и регистрируют факт, что воздух соответствует заданному пределу. Если полный наблюдаемый счет непрерывно находится между временами, приведенными в этих двух графах, пробоотбор продолжают. Если измерение счета продолжается и после того, как появилась цифра 21 (после 21-го сравнения с графой 2), и больше счет не увеличился до конца положенного времени измерения (не добавилось число сосчитанных частиц), то считают, что воздух соответствует заданному пределу класса для полной одиночной пробы.

ПРИЛОЖЕНИЕ G

Библиография

- [1] *IEST-G-CC1002, Determination of the Concentration of Airborne Ultrafine Particles. Определение концентрации взвешенных в воздухе ультрамелких частиц.* Mount Prospect, Illinois: Institute of Environmental Science and Technology (1999);
- [2] *IEST-G-CC100, Measurement of Airborne Macroparticle (Измерение взвешенных в воздухе макрочастиц).* Mount Prospect, Illinois: Institute of Environmental Science and Technology (1999);
- [3] *IEST-G-CC1004, Sequential Sampling Plan for Use in Classification of the Particle Cleanliness of Air in Cleanrooms and Clean Zones (Схема последовательного пробоотбора для использования при классификации чистоты воздуха по частицам в чистых помещениях и чистых зонах).* Mount Prospect, Illinois: Institute of Environmental Science and Technology (1999).

УДК 543.275.083:628.511.1:621.3.049.77:006.354, ОКС 13.040.30 Т58 ОКСТУ 6300, 9400

Ключевые слова: чистые помещения, контролируемые среды, классификация чистоты воздуха, класс чистоты

Редактор *Р.С. Федорова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *Е.Н. Мартемьяновой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 29.06.2000. Подписано в печать 21.09.2000. Усл. печ. л. 2,79.
Уч.-изд. л. 2,02. Тираж 700 экз. С 5880. Зак. 814.

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник», 103062, Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102