ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 14644-3— 2007

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ КОНТРОЛИРУЕМЫЕ СРЕДЫ

Часть 3

Методы испытаний

ISO 14644-3:2005
Cleanrooms and associated controlled environments — Part 3: Test methods (IDT)

Издание официальное

БЗ 1—2007/393

Москва
Стандартинформ
2008

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Общероссийской общественной организацией «Ассоциация инженеров по контролю микрозагрязнений» (АСИНКОМ) на основе собственного аутентичного перевода 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 27 декабря 2007 г. № 616-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 14644-3:2005 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 3. Методы испытаний» (ISO 14644-3:2005 «Cleanrooms and associated controlled environments — Part 3: Test methods»)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2008

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 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Методы испытаний 5
4.1 Методы испытаний чистых помещений 5
4.1.1Обязательные методы 5
4.1.2 Дополнительные методы 5
4.2 Характеристики методов испытаний 6
4.2.1 Определение концентрации аэрозольных частиц 6
4.2.2 Анализ воздушных потоков 6
4.2.3 Перепад давления 7
4.2.4 Целостность установленной системы фильтрации 7
4.2.5 Направление потока воздуха, визуализация потока 7
4.2.6 Однородность температуры и влажности 7
4.2.7 Статическое электричество и генерация ионов 7
4.2.8 Осаждение частиц 7
4.2.9 Времена восстановления 7
4.2.10 Герметичность ограждающих конструкций 7
5 Протокол испытаний 8
Приложение А (справочное) Выбор методов испытаний чистых помещений и последовательность их проведения 9
Приложение В (справочное) Методы испытаний 14
Приложение С (справочное) Оборудование для проведения испытаний 38
Приложение D (справочное) Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартам 48
Библиография 49

Введение

Во многих отраслях промышленности и сферах действия человека предъявляются специальные требования к чистоте воздуха в помещениях. Эти требования выполняются за счет применения чистых помещений, в которых концентрация аэрозольных частиц не должна превышать установленных пределов. Значения этих пределов обусловлены особенностями технологических процессов, выполняемых в чистых помещениях, и требованиями к выпускаемой в них продукции. Чистые помещения широко применяются в электронной, космической, фармацевтической, пищевой промышленности, при производстве медицинских изделий, в больницах и т.п.

Настоящий стандарт устанавливает методы испытаний и контроля чистых помещений и может быть использован для установления определения параметров чистых помещений с учетом других стандартов серии ИСО 14644.

Примечание — Настоящий стандарт устанавливает не все методы контроля параметров чистых помещений. Методы контроля и оборудование для специфической продукции и процессов установлены в других стандартах, разработанных ИСО/ТК 209. Например, методы контроля при работе с живыми организмами — в стандартах серии ИСО 14648, оценки технологических характеристик чистых помещений — в стандарте ИСО 14644-4, методы контроля изоляторов — в стандарте ИСО 14644-7. Дополнительно могут использоваться и другие стандарты.

Международный стандарт ИСО 14644-3 подготовлен Техническим комитетом ИСО/ТК 209, «Cleanrooms and associated controlled environments — Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды»

Серия Международных стандартов ИСО 14644 имеет общее наименование «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды» и включает в себя следующие стандарты:

- 14644-1 Классификация чистоты воздуха;
- 14644-2 Требования к контролю и мониторингу для подтверждения постоянного соответствия ИСО 14464-1;
- 14644-3 Методы испытаний;
- 14644-4 Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию;
- 14644-5 Эксплуатация;
- 14644-6 Термины и определения;
- 14644-7 Изолирующие устройства (укрытия с чистым воздухом, боксы перчаточные, изоляторы и мини-окружения);
- 14644-8 Классификация молекулярных загрязнений в воздухе.

Поправка к ГОСТ Р ИСО 14644-3—2007 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 3. Методы испытаний

В каком месте	Напечатано	Должно быть
Пункт 3.2.2	с размерами, как правило, от 1 до 100 мм	с размерами, как правило, от 1 нм до 100 мкм

(ИУС № 4 2015 г.)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ КОНТРОЛИРУЕМЫЕ СРЕДЫ

Часть 3

Методы испытаний

Cleanrooms and associated controlled environments. Part 3. Test methods

Дата введения — 2008—10—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метрологические характеристики и методы испытаний чистых помещений и чистых зон для определения класса чистоты. В стандарте приведены методы испытаний для двух типов чистых помещений и чистых зон (с однонаправленным и неоднонаправленным потоком воздуха) и для трех состояний чистого помещения (построенное, оснащенное, эксплуатируемое).

Стандарт устанавливает требования к оборудованию и методикам испытаний. Для тех случаев, когда особенности чистого помещения или чистой зоны оказывают влияние на метод испытаний, предложены альтернативные методики. Для некоторых видов испытаний могут использоваться различные методики и типы оборудования. Альтернативные методы, не включенные в настоящий стандарт, могут применяться по соглашению между заказчиком и исполнителем. Альтернативные методы не всегда обеспечивают эквивалентность измерений.

В настоящем стандарте не рассматриваются методы испытаний продукции и технологических процессов в чистых помещениях или изолирующий устройствах.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ИСО 7726:1998 Эргономика термальной среды. Приборы для измерения физических величин

ГОСТ ИСО 14644-1:1999 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха

ГОСТ Р ИСО 14644-2:2000 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 2. Требования к контролю и мониторингу для подтверждения постоянного соответствия ИСО 14644-1

ГОСТ Р ИСО 14644-4:2001 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 4. Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Общая часть

3.1.1 **чистое помещение** (cleanroom): Помещение, в котором контролируется концентрация аэрозольных 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 [ИСО 14644-1 (пункт 2.1.1)].

Издание официальное

2—752

3.1.2 **чистая зона** (clean zone): Пространство, в котором контролируется концентрация аэрозольных 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 [ИСО 14644-1 (пункт 2.1.2)].

3.1.3 **система чистого помещения** (installation): Чистое помещение или одна или несколько чистых зон со всеми относящимися к ним структурами, системами подготовки воздуха, обслуживания и утилизации [ИСО 14644-1 (пункт 2.1.3)].

3.1.4 **изолирующее устройство** (separative device): Оборудование, которое за счет конструкционных или динамических свойств обеспечивает необходимое разделение внутреннего объема устройства и окружающей его среды.

Примечание — Примерами изолирующих устройств являются укрытия с чистым воздухом, боксы перчаточные, изоляторы и мини-окружения.

3.2 Аэрозольные частицы

3.2.1 **генератор аэрозолей** (aerosol generator): Устройство, позволяющее за счет теплового, гидравлического, пневматического, акустического или электростатического эффектов генерировать с постоянной концентрацией частицы, размеры которых соответствуют установленному диапазону (например, от 0,05 до 2 мкм).

3.2.2 **аэрозольная частица** (airborne particle): Взвешенный в воздухе твердый или жидкий объект, живой или неживой, с размерами, как правило, от 1 до 100 мм.

Примечание — Классификация частиц приведена в ИСО 14644-1 (пункт 2.2.1).

3.2.3 **счетная медиана диаметров частиц;** СМД (count median particle diameter, CMD): Усредненный диаметр частицы, полученный из распределения числа частиц.

Примечание — Счетная медиана определяется следующим образом: при распределении половина частиц в распределении имеет диаметр меньший, а другая половина — диаметр больший, чем счетная медиана.

3.2.4 **макрочастица** (macroparticle): Частица с эквивалентным диаметром более 5 мкм [ИСО 14644-1(пункт 2.2.6)].

3.2.5 **М-дескриптор** (M-descriptor): Полученное или заданное количество макрочастиц в 1 $м^3$ воздуха, эквивалентный диаметр которых зависит от используемого метода измерения.

Примечание — М-дескриптор можно рассматривать как верхнее предельное значение для средних значений в точках отбора проб (или как верхнее значение доверительного интервала, в зависимости от числа точек отбора проб, используемых при проведении испытаний в чистом помещении или чистой зоне). М-дескриптор нельзя использовать для определения класса чистоты по аэрозольным частицам, но можно указывать отдельно или вместе с классом чистоты по аэрозольным частицам [ИСО 14644-1, (пункт 2.3.2)].

3.2.6 **медиана диаметров частиц по массе** (count median particle diameter, CMD): Диаметр частицы, определение которого основано на распределении массы частиц как функции их диаметра.

Примечание — Эта медиана определяется таким образом, что половина массы частиц в распределении имеет диаметр меньший, а другая половина — диаметр больший, чем массовая медиана.

3.2.7 **концентрация частиц** (particle concentration): Число частиц в единице объема воздуха.

3.2.8 **размер частицы** (particle size): Диаметр сферы, сигнал от которой в контрольном приборе, определяющем размер частиц, равен сигналу от оцениваемой частицы.

3.2.9 **распределение частиц по размерам** (particle size distribution): Кумулятивное распределение концентрации частиц в зависимости от их размеров [ИСО 14644-1, (подраздел 2.2.4)].

3.2.10 **контрольный аэрозоль** (test aerosol): Суспензия взвешенных в воздухе твердых и (или) жидких частиц с известными концентрацией и распределением по размеру.

3.2.11 **U-дескриптор** (U- descriptor): Полученное или заданное количество частиц, включая ультрамелкие частицы, в 1 $м^3$ воздуха.

Примечание — U-дескриптор можно рассматривать как верхнее предельное значение для средних значений в точках отбора проб (или как верхнее значение доверительного интервала, в зависимости от числа точек отбора проб, используемых при проведении испытаний в чистом помещении или чистой зоне). U-дескриптор нельзя использовать для определения класса чистоты по аэрозольным частицам, но можно указывать отдельно или вместе с классом чистоты по аэрозольным частицам [ИСО 14644-1, (пункт 2.3.1)].

3.2.12 **ультрамелкая частица** (ultrafine particle): Частица с эквивалентным диаметром менее 0,1 мкм [ИСО 14644-1 (пункт 2.2.5)].

3.3 Фильтры очистки воздуха и системы фильтрации

3.3.1 **испытание с использованием аэрозоля** (aerosol challenge): Испытание фильтра или установленной системы фильтрации при помощи контрольного аэрозоля.

3.3.2 **допустимая утечка** (designated leak): Максимально допустимый проскок частиц, установленный по соглашению между заказчиком и исполнителем как утечка, определяемая путем сканирования с помощью дискретного счетчика частиц или фотометра аэрозолей.

3.3.3 **система разбавления** (dilution system): Система, в которой аэрозоль с целью уменьшения концентрации частиц смешивается в известном соотношении объемов с воздухом, не содержащим частиц.

3.3.4 **система фильтрации** (filter system): Система, состоящая из фильтра, рамы и других элементов крепления фильтра или других фильтродержателей.

3.3.5 **финишный фильтр** (final filter): Фильтр последней ступени очистки, через который проходит воздух, перед тем как попасть в помещение.

3.3.6 **установленная система фильтрации** (installed filter system): Система фильтрации, вмонтированная в потолок, стену, оборудование или воздуховод.

3.3.7 **испытание целостности установленной системы фильтрации** (installed filter system leakage test): Испытание, для проверки правильности установки фильтров, отсутствия утечек в обход фильтров, а также самих фильтров и их креплений на содержание дефектов и утечек.

3.3.8 **утечка** (leak): Проскок частиц, приводящий к превышению их ожидаемой концентрации после фильтра из-за нарушения целостности в системы фильтрации.

3.3.9 **сканирование** (scanning): Метод обнаружения утечек в системе фильтрации, при котором пробоотборником фотометра аэрозолей или дискретного счетчика частиц совершают перекрывающиеся движения вдоль определенной испытуемой плоскости.

3.3.10 **стандартная утечка** (standard leak penetration): Проскок, определяемый с помощью дискретного счетчика частиц или фотометра аэрозолей, имеющих стандартную скорость отбора проб, когда пробоотборник находится напротив места утечки.

Примечание — Значение проскока равно отношению концентрации частиц в воздухе после фильтра к концентрации частиц перед фильтром.

3.4 Поток воздуха

3.4.1 **кратность воздухообмена** (air exchange rate): Интенсивность обмена воздуха, определяемая как число обменов воздуха в единицу времени, равная отношению объема воздуха, подаваемого в единицу времени, к объему пространства, куда он подается.

3.4.2 **средний расход воздуха** (average aiflow rate): Среднее значение объема воздуха, подаваемого в единицу времени, используемое для определения кратности воздухообмена в чистом помещении или чистой зоне.

Примечание — Расход воздуха выражается в $м^3/ч$.

3.4.3 **плоскость измерений** (measuring plane): Плоскость поперечного сечения, в которой проводятся испытания или измеряется скорость потока воздуха.

3.4.4 **неоднонаправленный поток воздуха** (non-unidirectional airflow): Поток воздуха, распределение скоростей которого обусловлено вихревым перемешиванием воздуха, поступающего в чистое помещение или чистую зону, с внутренним воздухом [ИСО 14644-4 (пункт 3.6)].

3.4.5 **расход приточного воздуха** (supply aiflow rate): Объем воздуха, подаваемого в чистое помещение (чистую зону) через финишные фильтры или воздуховоды в единицу времени.

3.4.6 **полный расход воздуха** (total aiflow rate): Объем воздуха, который проходит через чистое помещение (чистую зону) в единицу времени.

3.4.7 **однонаправленный поток воздуха** (unidirectional airflow): Поток воздуха проходящего с постоянной скоростью и имеющего приблизительно параллельные линии тока по всему поперечному сечению чистой зоны.

3.4.8 **однородность потока воздуха** (uniformity of aiflow): Характеристика однонаправленного потока воздуха, когда значения скоростей воздуха в различных точках находятся в установленных пределах относительно средней скорости потока воздуха.

3.5 Статическое электричество

3.5.1 **время разряда** (discharge time): Время, необходимое для уменьшения напряжения до начального уровня (положительного или отрицательного).

3.5.2 **напряжение смешения** (offset voltage): Электрический потенциал, накапливающийся на первоначально незаряженной изолированной проводящей пластине при помещении ее в ионизированный воздух окружающей среды.

3.5.3 **рассеивание статического электричества** (static-dissipative property): Снижение количества электростатического электричества на рабочей поверхности или поверхности продукта вследствие проводимости или других механизмов до установленного значения или нулевого уровня.

3.5.4 **поверхностное напряжение** (surface voltage level): Положительный или отрицательный электрический заряд на рабочей поверхности или поверхности продукта, накапливаемый при использовании соответствующего оборудования.

3.6 Контрольно-измерительное оборудование и способы отбора проб

3.6.1 **фотометр аэрозолей** (aerosol photometer): Устройство, для определения массовой концентрации аэрозольных частиц, работа которого основана на принципе рассеивания света.

3.6.2 **неизокинетический отбор проб** (anisokinetic sampling): Условие отбора проб, при котором средняя скорость воздуха, поступающего в пробоотборник, значительно отличается от средней скорости однонаправленного потока воздуха в точке отбора пробы.

3.6.3 **каскадный импактор** (cascade impactor): Устройство для отбора проб, в котором накапливаются частицы, отбираемые из аэрозоля, на серии накопительных пластин, используя принцип импакции (осаждения).

Примечание — Через каждую последующую накопительную пластину поток аэрозоля проходит с большей скоростью, чем через предыдущую, в результате чего на ней осаждаются более мелкие частицы, чем на предыдущей накопительной пластине.

3.6.4 **счетчик ядер конденсации** (condensation nucleus counter, CNC): Устройство, которое позволяет увеличивать размеры ультрамелкой частицы за счет эффекта конденсации с целью их последующего счета с использованием оптических методов счета частиц.

3.6.5 **эффективность счета** (counting efficiency): Отношение полученной концентрации частиц в определенном диапазоне размеров к действительной концентрации таких частиц.

3.6.6 **дифференциальный анализатор подвижности** (differential mobility analyzer, DMA): Устройство, позволяющее получить распределение частиц по размеру, работа которого основана на принципе подвижности частиц в электрическом поле.

3.6.7 **секция диффузионной батареи** (diffusion battery element): Элемент многоступенчатого устройства для сортировки частиц по размерам, использующий эффект диффузии для удаления наименьших частиц из потока аэрозоля.

3.6.8 **дискретный счетчик частиц** (discrete-particle counter, DPC): Устройство, для счета частиц в определенном объеме воздуха в зависимости от их размера.

3.6.9 **фоновый счет** (false count, background noise count, zero count): Результат счета частиц дискретным счетчиком, получаемый при отсутствии частиц, вызванный влиянием внешних и внутренних электронным наводкам.

3.6.10 **расходомер с раструбом, расходомер** (flowhood with flowmeter): Устройство, полностью накрывающее фильтр или диффузор, с оборудованием для прямого измерения расхода воздуха через каждый финишный фильтр или воздушный диффузор в чистом помещении или чистой зоне.

3.6.11 **изоаксиальный отбор проб** (iso-axial sampling): Отбор проб, при котором направление воздушного потока на входе в пробоотборник совпадает с направлением однонаправленного потока, подлежащего отбору.

3.6.12 **изокинетический отбор проб** (isokinetic sampling): Отбор проб, при котором средняя скорость воздуха, входящего в пробоотборник, равна средней скорости однонаправленного потока в точке отбора.

3.6.13 **устройство, ограничивающее пропускание мелких частиц** (particle size cutoff device): Устройство, помещаемое на входе в дискретный счетчик частиц или счетчик ядер конденсации для удаления частиц размером менее установленного.

3.6.14 **пороговый размер** (threshold size): Минимальный размер частицы, выбранный для определения концентрации частиц с размерами, большими или равными этому значению.

3.6.15 **определение размера частицы по времени пролета** (time-of-flight particle size measurement): Определение аэродинамического диаметра частицы путем измерения времени, необходимого для ее прохождения расстояния между двумя плоскостями.

Примечание — Это измерение основано на эффекте изменения скорости частиц, попадающих в поток с градиентом скорости воздуха.

3.6.16 **виртуальный импактор** (virtual impactor): Устройство для разделения по размеру частиц, которые под действием внутренних сил сталкиваются с предполагаемой (виртуальной) поверхностью.

Примечание — Большие частицы проходят через некоторую предполагаемую поверхность в пространстве стандартного объема, в то время как маленькие частицы отклоняются вместе с основной частью воздушного потока.

3.6.17 **демонстрационная пластина** (witness plate): Чувствительный к загрязнениям материал с определенной площадью поверхности, используемый вместо прямого измерения загрязнения поверхности, которая находится в недоступном месте или слишком чувствительна для прямого измерения.

3.7 Состояния чистого помещения или чистой зоны (Occupancy states)

3.7.1 **построенное** (as-built): Состояние, в котором монтаж чистого помещения завершен, все обслуживающие системы подключены, но отсутствует производственное оборудование, материалы и персонал [ИСО 14644-1 (пункт 2.4.1)].

3.7.2 **оснащенное** (at-rest): Состояние, в котором чистое помещение укомплектовано оборудованием и действует по соглашению между заказчиком и исполнителем, но персонал отсутствует. [ИСО 14644-1 (пункт 2.4.2)].

3.7.3 **эксплуатируемое** (operational): Состояние, в котором чистое помещение функционирует установленным образом, с установленной численностью персонала, работающего в соответствии с документацией [ИСО 14644-1 (пункт 2.4.3)].

4 Методы испытаний

4.1 Методы испытаний чистых помещений

4.1.1 Обязательные методы

Определение концентрации аэрозольных частиц (см. таблицу 1) должно проводиться для оценки класса чистого помещения в соответствии с ИСО 14644-1 с периодичностью, установленной ИСО 14644-2.

Таблица 1 — Обязательные методы для чистых помещений или чистых зон

Наименование метода	Пункт настоящего стандарта			Ссылка на другие стандарты
	Область применения	Методика	Оборудование	
Определение концентрации аэрозольных частиц при классификации и аттестации чистых помещений и оборудования для очистки воздуха	4.2.1	B.1	C.1	ИСО 14644-1, ИСО 14644-2

4.1.2 Дополнительные методы

В таблице 2 указаны другие методы испытаний чистых помещений. Эти испытания могут проводиться в каждом из трех состояний чистого помещения. Эти методы не являются исчерпывающими. Не все из приведенных методов могут быть включены в программу испытаний. Программа и методы испытаний выбираются по согласованию между заказчиком и исполнителем. Выбранные испытания могут повторяться периодически при текущем контроле (см. ИСО 14644-2). Перечень методов испытаний и руководство по выбору методов приведен в приложении А. Описание методов испытаний, приведено в приложении В и имеет лишь общий рекомендательный характер. Детально методы испытаний должны быть разработаны с учетом специфики их конкретного применения.

Таблица 2 – Дополнительные методы для чистых помещений или чистых зон

Контролируемый параметр	Пункт настоящего стандарта			Ссылка на другие стандарты
	Область применения	Методика	Оборудование	
Концентрация ультрамелких аэрозольных частиц	4.2.1	B.2	C.2	ИСО 14644-1
Концентрация аэрозольных макрочастиц	4.2.1	B.3	C.3	ИСО 14644-1
Поток воздуха[a)]	4.2.2	B.4	C.4	ИСО 14644-1, ИСО 14644-2
Перепад давления[a)]	4.2.3	B.5	C.5	ИСО 14644-1, ИСО 14644-2
Целостность установленной системы фильтрации	4.2.4	B.6	C.6	ИСО 14644-2
Направление потока воздуха, визуализация потока	4.2.5	B.7	C.7	ИСО 14644-2
Температура	4.2.6	B.8	C.8	ИСО 7726
Влажность	4.2.6	B.9	C.9	ИСО 7726
Статическое электричество и генерация ионов	4.2.7	B.10	C.10	
Осаждение частиц	4.2.8	B.11	C.11	
Время восстановления	4.2.9	B.12	C.12	ИСО 14644-2
Герметичность ограждающих конструкций	4.2.10	B.13	C.13	ИСО 14644-1, ИСО 14644-2

[a)] Контроль этих параметров предусмотрен ИСО 14644-2. Дополнительные методы испытаний приведены не в порядке их значимости. Последовательность выполнения испытаний может определяться требованиями нормативных документов или соглашением между заказчиком и исполнителем.

4.2 Характеристики методов испытаний

4.2.1 Определение концентрации аэрозольных частиц

Это испытание проводится для определения чистоты воздуха и может включать в себя:

a) классификацию [см. B.1 (приложение B)];

b) определение концентрации ультрамелких частиц (дополнительный метод) [см. B.2 (приложение B)];

c) определение концентрации макрочастиц (дополнительный метод) [см. B.3 (приложение B)].

Испытания b) и c) могут быть использованы для получения дополнительной информации или как основание для предъявления специальных требований, но не могут быть использованы для целей классификации.

4.2.2 Анализ воздушных потоков

Это испытание проводится для определения расхода приточного воздуха в чистых помещениях или чистых зонах с неоднонаправленным потоком и для определения распределения скорости воздуха в чистых помещениях или чистых зонах с однонаправленным потоком. Обычно проводятся измерения либо скорости, либо расхода воздушного потока, а результаты выражаются одним из трех параметров: средней скоростью, средним расходом или полным расходом воздуха. Полный расход воздуха может быть, в свою очередь, быть использован для расчета кратности воздухообмена для чистых помещений или чистых зон с неоднонаправленным потоком воздуха. Скорость воздуха должна определяться в чистых помещениях или чистых зонах с однонаправленным потоком. Методики измерений воздушного потока приведены в B.4 (приложение B).

4.2.3 Перепад давления

Цель измерения перепада давления — подтвердить способность чистого помещения поддерживать разность давлений между чистым помещением и окружающей средой. Измерение перепада давления следует проводить после того, как установлено соответствие требования к скорости, расходу, однородности и другим контролируемым параметрам воздушного потока. Подробнее процедура измерения перепада давлений приведена в В.5 (приложение В).

4.2.4 Целостность установленной системы фильтрации

Это испытание проводится для того, чтобы подтвердить, что финишная высокоэффективная система фильтрации установлена надлежащим образом. В ходе испытаний не должно быть обнаружено утечек в обход фильтров, отсутствия дефектов фильтра (маленьких отверстий или других повреждений в теле фильтра и местах его примыкания к раме), утечек (через раму фильтра, посадочное место и конструкции крепления). При испытаниях не проявляется эффективность системы фильтрации. Испытания выполняются путем подачи контрольного аэрозоля на вход фильтров и одновременного сканирования поверхности фильтров и их креплений или осуществления отбора пробы после фильтров в воздуховоде. В В.6 (приложение В) приведены два различных метода испытаний.

4.2.5 Направление потока воздуха, визуализация потока

Цель данного испытания — подтвердить, что направление потока, картина распределения потоков или и то и другое соответствуют проекту или соответствующей спецификации. При необходимости пространственные характеристики воздушного потока могут быть также подтверждены. Методика испытаний приведена в В.7 (приложение В).

4.2.6 Однородность температуры и влажности

Цель данных испытаний — показать способность системы вентиляции и кондиционирования поддерживать в зоне испытаний уровень температуры и влажности (выраженной относительной влажностью или точкой росы) в заданных пределах в течение периода времени, установленного заказчиком. Методики испытаний приведены в В.8 и В.9 (приложение В).

4.2.7 Статическое электричество и генерация ионов

Целью испытаний является определение уровней статического напряжения на различных предметах, способности материалов рассеивать статическое электричество и характеристик генераторов ионов (ионизаторов), использующихся для регулирования статического напряжения в чистых помещениях. При измерении статического электричества определяются статическое напряжение на рабочих поверхностях и поверхностях продукта, способность полов, поверхностей рабочих мест и других объектов, рассеивать статическое электричество. Исследование генерации ионов выполняется для оценки способности ионизаторов снижать статическое напряжение на поверхностях. Методика испытаний приведена в В.10 (приложение В).

4.2.8 Осаждение частиц

Целью испытания являются оценка количества (числа или массы частиц) или влияния (по рассеянию света или покрытию поверхности) частиц, осевших на поверхность. Некоторые из методик испытания приведены в В.11 (приложение В).

4.2.9 Время восстановления

Это испытание проводится для определения способности чистого помещения восстанавливать заданный класс чистоты в течение определенного времени после кратковременного внесения источника загрязнений. Это испытание не рекомендуется проводить для чистых помещений с однонаправленным потоком воздуха. Методика испытаний приведена в В.12 (приложение В).

При использовании в процессе испытаний искусственных аэрозолей не следует допускать остаточных загрязнений чистых помещений.

4.2.10 Герметичность ограждающих конструкций

Это испытание выполняется для обнаружения возможности проникания загрязненного воздуха в чистые помещения из окружающих зон через соединения, элементы герметизации или двери. Методика испытаний приведена в В.13 (приложение В).

5 Протокол испытаний

Результат каждого испытания должен быть занесен в протокол испытаний, который должен содержать следующую информацию:

a) наименование и адрес предприятия, проводившего испытания, и дату проведения испытаний;

b) номер и дату введения настоящего стандарта;

c) подробную информацию о месте расположения чистого помещения или чистой зоны, в которых проводилось испытание (включая, при необходимости, информацию о прилегающих зонах), с указанием мест расположения всех точек отбора проб;

d) критерии, установленные для чистого помещения или чистой зоны, включая класс чистоты согласно ИСО, соответствующее состояние чистого помещения или чистой зоны и рассматриваемые размеры частиц;

e) методику испытаний, включая все особые условия проведения испытания и отклонения от метода испытаний, идентификацию измерительного оборудования и действующие сертификаты его калибровки;

f) результаты испытаний, включая данные, указанные в соответствующих разделах приложения B, а также заключение, касающееся соответствия установленным требованиям;

g) другую информацию, касающуюся конкретного вида испытаний, в соответствии с рекомендациями, содержащимися в соответствующих разделах приложения B.

Приложение А
(справочное)

Выбор методов испытаний чистых помещений и последовательность их проведения

А.1 Общие положения

Приведенные в настоящем стандарте методы испытаний могут использоваться для проверки соответствия параметров чистого помещения установленным требованиям, а также для проведения периодического контроля.

Выбор методов испытаний зависит от конструкции чистого помещения, его состояния и вида аттестации.

Последовательность проведения испытаний должна быть заблаговременно согласована между заказчиком и исполнителем, и должна позволять уменьшить ненужную работу в случае несоответствия критериев заданным требованиям.

А.2 Перечень контролируемых параметров испытаний

В таблице А.1 приведен рекомендуемый перечень контролируемых параметров испытаний и применяемого оборудования. Последовательность проведения испытаний должна быть согласована между заказчиком и исполнителем.

Таблица А.1 — Рекомендуемый перечень контролируемых параметров испытаний чистых помещений и последовательность проведения испытаний

Отметка о выборе контролируемых параметров испытаний и их очередности[а)]	Контролируемый параметр	Пункт приложения В с описанием методики	Отметка о выборе оборудования[в)]	Тип оборудования	Пункт приложения С с описанием оборудования	Примечание
	Концентрация аэрозольных частиц при классификации и аттестации	В.1		Дискретный счетчик частиц	С.1	
	Концентрация ультрамелких аэрозольных частиц	В.2		Счетчик ядер конденсации	С.2.1	
				Дискретный счетчик частиц	С.2.2	
				Устройство, ограничивающее пропускание мелких частиц	С.2.3	
	Концентрация аэрозольных макрочастиц	В.3			С.3	
	Концентрация аэрозольных макрочастиц с предварительным накоплением	В.3.3.2 (приложение В)		Микроскоп для счета частиц на накопительной фильтровальной бумаге	С.3.1	
				Каскадный импактор	С.3.2	
	Концентрация аэрозольных макрочастиц без предварительного накопления	В.3.3.3 (приложение В)		Дискретный счетчик частиц	С.3.3	
				Время пролетный счетчик частиц	С.3.4	

Продолжение таблицы А.1

Отметка о выборе контролируемых параметров испытаний и их очередности[а)]	Контролируемый параметр	Пункт приложения В с описанием методики	Отметка о выборе оборудования[в)]	Тип оборудования	Пункт приложения С с описанием оборудования	Примечание
	Поток воздуха	В.4			С.4	
	Скорость потока воздуха в чистых помещениях (чистых зонах) с однонаправленным потоком	В.4.2.2 и В.4.2.3 (приложение В)		Термоанемометр	С.4.1.1	
				Ультразвуковой анемометр, трехразмерный или эквивалентный ему прибор	С.4.1.2	
				Крыльчатый анемометр	С.4.1.3	
				Трубки Пито и манометр	С.4.1.4	
	Скорость приточного воздуха в чистых помещениях (чистых зонах) с неоднонаправленным потоком	В.4.3.3 (приложение В)		Термоанемометр	С.4.1.1	
				Ультразвуковой анемометр, трехразмерный или эквивалентный ему прибор	С.4.1.2	
				Крыльчатый анемометр	С.4.1.3	
				Трубки Пито и манометр	С.4.1.4	
	Расход воздуха после установленных фильтров	В.4.3.2		Раструб для сбора полного потока воздуха с расходомером	С.4.2.1	
				Диафрагменный расходомер	С.4.2.2	
				Расходомер Вентури	С.4.2.3	
	Расход воздуха в приточном воздуховоде	В.4.2.5		Раструб для сбора полного потока воздуха с расходомером	С.4.2.1	
				Диафрагменный расходомер	С.4.2.2	
				Расходомер Вентури	С.4.2.3	
				Трубки Пито и манометр	С.4.1.4	

Продолжение таблицы А.1

Отметка о выборе контролируемых параметров испытаний и их очередности[a)]	Контролируемый параметр	Пункт приложения В с описанием методики	Отметка о выборе оборудования[в)]	Тип оборудования	Пункт приложения С с описанием оборудования	Примечание
	Перепад давления	В.5		Электронный микроманометр	С.5.1	
				Наклонный манометр	С.5.2	
				Механический датчик перепада давления	С.5.3	
	Целостность установленной системы фильтрации	В.6			С.6	
	Целостность установленной системы фильтрации (метод сканирования)	В.6.2 и В.6.3		Линейный фотометр аэрозолей	С.6.1.1	
				Логарифмический фотометр аэрозолей	С.6.1.2	
				Дискретный счетчик частиц	С.6.2	
				Генератор аэрозолей	С.6.3	
				Вещества для производства контрольных аэрозолей	С.6.4	
				Система разбавления	С.6.5	
				Счетчик ядер конденсации	С.2.1	
	Интегральная целостность фильтров, встроенных в воздуховоды или кондиционеры	В.6.4		Линейный фотометр аэрозолей	С.6.1.1	
				Логарифмический фотометр аэрозолей	С.6.1.2	
				Дискретный счетчик частиц	С.6.2	
				Генератор аэрозолей	С.6.3	
				Вещества для генерирования контрольного аэрозоля	С.6.4	
				Система разбавления	С.6.5	
				Счетчик ядер конденсации	С.2.1	

Продолжение таблицы А.1

Отметка о выборе контролируемых параметров испытаний и их очередности[а)]	Контролируемый параметр	Пункт приложения В с описанием методики	Отметка о выборе оборудования[в)]	Тип оборудования	Пункт приложения С с описанием оборудования	Примечание
	Направление потока воздуха, визуализация потока	В.7 (приложение В)		Аэрозоли для визуализации	С.7.1	
				Термоанемометр	С.7.2	
				Трехмерный ультразвуковой анемометр	С.7.3	
				Генератор аэрозолей	С.7.4	
				Генератор тумана	С.7.4	
	Температура	В.8 (приложение В)			С.8	
	Обычные измерения	В.8.2.1 (приложение В)		Стеклянный термометр	С.8.1	
				Термометр	С.8.2	
				Измеритель температуры с термосопротивлениями	С.8.3	
				Термистор	С.8.4	
	Пространственные измеренния	В.8.2.2 (приложение В)		Стеклянный термометр	С.8.1	
				Термометр	С.8.2	
				Измеритель температуры с термосопротивлениями	С.8.3	
				Термистор	С.8.4	
	Влажность	В.9 (приложение В)		Гигрометр емкостной	С.9.1	
				Гигрометр волосковый	С.9.2	
				Датчик точки росы	С.9.3	
				Психрометр	С.9.4	
	Статическое электричество и генерация ионов	В.10 (приложение В)			С.10	

Продолжение таблицы А.1

Отметка о выборе контролируемых параметров испытаний и их очередности[а)]	Контролируемый параметр	Пункт приложения В с описанием методики	Отметка о выборе оборудования[в)]	Тип оборудования	Пункт приложения С с описанием оборудования	Примечание
	Статическое электричество	В.10.2.1 (приложение В)		Электростатический вольтметр	С.10.1	
				Высокоомный омметр	С.10.2	
				Регистратор заряда пластины	С.10.3	
	Генерация ионов	В.10.2.2 (приложение В)		Электростатический вольтметр	С.10.1	
				Высокоомный омметр	С.10.2	
				Регистратор заряда пластины	С.10.3	
	Осаждение частиц	В.11		Демонстрационная пластина		
				Бинокулярный микроскоп		
				Фотометр для осажденных частиц (седиментометр)	С.11.1	
				Счетчик частиц на поверхности	С.11.2	
				Генератор частиц	С.11.3	
	Время восстановления	В.12		Дискретный счетчик частиц	С.12.1	
				Генератор аэрозолей	С.12.2	
				Система разбавления	С.12.3	
	Герметичность ограждающих конструкций: - испытание с помощью дискретного счетчика частиц - испытание с помощью фотометра	В.13 В.13.2.1 В.13.2.2		Дискретный счетчик частиц	С.13 С.13.1	
				Генератор аэрозолей	С.13.2	
				Система разбавления	С.13.3	
				Фотометр	С.13.4	
				Генератор аэрозолей	С.13.2	

[а)] При планировании и выборе испытаний в первой графе можно ставить номера, соответствующие последовательности проведения испытаний.

[в)] В четвертой графе можно отмечать оборудование, соответствующее выбранным методам испытаний.

Приложение В
(справочное)

Методы испытаний

В.1 Определение концентрации аэрозольных частиц при классификации и аттестации чистых помещений

В.1.1 Область применения

Рассматриваемый метод предназначен для определения концентрации аэрозольных частиц с пороговыми значениями размеров от 0,1 до 5 мкм

Концентрация частиц может определяться в любом из трех состояний чистого помещения: построенном, оснащенном и эксплуатируемом.

Определение концентрации частиц выполняется при определении или подтверждении класса чистоты чистого помещения или чистой зоны в соответствии с ИСО 14644-1 или при проведении периодических испытаний в соответствии с ИСО 14644-2. Настоящая методика, приведенная в В.1 (приложение В), заимствована из IEST-G-CC1001:1999 [11] и переработана.

В.1.2 Методика испытаний

В.1.2.1 Общие положения

Определение числа точек отбора проб, расположение этих точек, определение класса чистых зон и необходимое количество данных проводят в соответствии с ИСО 14644-1. В В.1 приводятся стандартные методы отбора проб воздуха в каждой точке отбора проб. Другие методы с эквивалентной точностью, обеспечивающие получение эквивалентных данных, могут использоваться по соглашению между заказчиком и исполнителем. Если не согласован другой метод, то следует применять стандартный метод, приведенный в настоящем приложении.

Примечание — Более подробные данные об испытаниях, проводимых в чистых помещениях с использованием дискретных счетчиков частиц, информация о стандартах, касающихся дискретных счетчиков частиц, а также стандартные методы испытаний приведены в [2], [3], [4], [11], [23], [24].

В.1.2.2 Методика счета аэрозольных частиц

Пробоотборное отверстие дискретного счетчика частиц (далее — счетчика) помещают в место отбора пробы, устанавливают скорость отбора пробы и выбирают пороговые размеры частиц в соответствии с ИСО 14644-1. В зонах с однонаправленным потоком применяется изокинетический пробоотборник [1]. Скорость воздушного потока на входе в пробоотборник не должна отличаться от скорости отбираемого воздуха более чем на 20 %. Если это невозможно, то входное отверстие пробоотборника следует направить навстречу преобладающему направлению потока воздуха. В точках, где скорость потока воздуха не контролируется или не предсказуема (например, в случае неоднонаправленного потока), входное отверстие пробоотборника следует направить вертикально вверх. Соединительная трубка, соединяющая пробоотборник и измерительный узел счетчика, должна быть как можно короче. Для отбора проб, содержащих частицы с размерами равными или превышающими 1,0 мкм, длина и диаметр соединительной трубки не должны превышать значений, рекомендуемых изготовителем.

Ошибка при отборе пробы из-за потери мелких частиц за счет диффузии и больших частиц за счет осаждения (импакции) не должна превышать 5 %.

В.1.3 Оборудование для счета аэрозольных частиц

Дискретный счетчик частиц [см. С.1 (приложение С)] должен оценивать размеры частиц и считать частицы, дифференцируя по их размерам, соответствующим классу рассматриваемого чистого помещения. Счетчик частиц должен показывать на экране или регистрировать результаты счета частиц, размеры которых соответствуют установленному диапазону, а также иметь действующий сертификат калибровки, как это указано в С.1 (приложение С).

В.1.4 Протокол испытаний

При проведении классификации или аттестации чистого помещения (чистой зоны) в дополнение к пунктам протокола испытаний, указанным в разделе 5, по соглашению между заказчиком и исполнителем, указываются следующие данные:

a) фоновый шум счетчика;

b) тип испытаний: классификация или аттестация (мониторинг);

c) класс чистого помещения (чистой зоны);

d) размеры частиц и результат счета;

e) расход забираемого потока воздуха на входе счетчика и внутри измерительной камеры счетчика;

f) расположение точек отбора проб;

g) протокол отбора проб при классификации или план точек отбора проб при аттестации (мониторинге);
h) состояние(я) чистого помещения или чистой зоны;
i) другие данные, существенные для испытания.

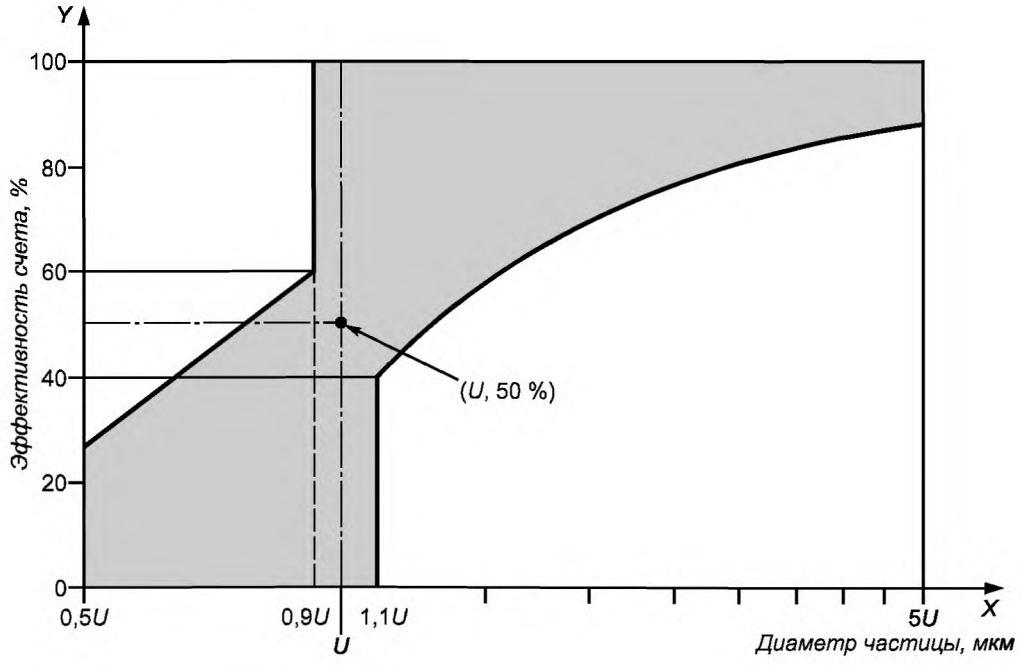
B.2 Определение концентрации ультрамелких аэрозольных частиц

B.2.1 Область применения

Рассматриваемый метод предназначен для определения концентрации аэрозольных частиц с пороговым размером не более 0,1 мкм. Для обозначения такой концентрации частиц используют U-дескриптор. Методика, приведенная в настоящем разделе, заимствована из IEST-G-CC1002:1999 [12] и переработана. Определение концентрации частиц может проводиться в чистом помещении или чистой зоне в любом из трех его состояний. Определение концентрации ультрамелких частиц в чистых помещениях или чистых зонах выполняется в соответствии с ИСО 14644-1 (приложение E) или при проведении периодического контроля в соответствии с ИСО 14644-2.

B.2.1.2 Эффективность счета

Оборудование, применяемое для определения U-дескриптора, должно иметь эффективность счета в пределах закрашенной (темной) области графика, приведенного на рисунке B.1 [12]. В центре области допустимых значений лежит точка 50 %-ной эффективности счета ультрамелких частиц определенного размера, обозначенного как размер «U».Допустимое отклонение размера ультрамелкой частицы, составляет + 10 % установленного диапазона. Границы диапазона на рисунке B.1 находятся в пределах от 0,9*U* до 1,1*U*. Приемлемые минимальная и максимальная эффективность счета частиц, размеры которых не соответствуют установленному диапазону 10%-ной полосы допустимых отклонений, рассчитаны, исходя из диффузионной проницаемости; эффективность счета должна составлять не менее 40 % — для частиц с размерами, превышающими 10 %-ное допустимое отклонение и не более 60 % — для частиц, размеры которых менее 10%-ного допустимого отклонения, чем заданный размер, и не более 60 %-ной эффективности для частиц с размерами на 10 % меньшими, чем заданный размер ультрамелкой частицы.



X — диаметр частицы, мкм
Y — эффективность счета, %

Пример	0,5*U*	0,9*U*	*U*	1,1*U*	5*U*
U = 0,02	0,010	0,018	0,020	0,022	0,100
U = 0,03	0,015	0,027	0,030	0,033	0,150
U = 0,05	0,025	0,045	0,050	0,055	0,250

Рисунок B.1 — График оценки эффективности счета

Если кривая зависимости эффективности счета от размера частицы для дискретного счетчика частиц или счетчика ядер конденсации проходит справа от штрихованной области на графике на рисунке В.1, то такие счетчики не могут быть использованы для определения U-дескриптора. Если кривая проходит слева от заштрихованной области, то эффективность счета может быть уменьшена путем модификации счетчиков, заключающейся в применении специального устройства, ограничивающего пропускание мелких частиц, как это описано в В.2.1.3. В этом случае значение эффективности счета модифицированных счетчиков будет равна произведению величины эффективности счета немодифицированных с четчиков и коэффициента относительного пропускания применяемого устройства.

В.2.1.3 Устройство, ограничивающее пропускание мелких частиц

Для достижения желаемой эффективности счета , необходимой для определения U-дескриптора, устройство, ограничивающее пропускание мелких частиц, может быть прикреплено к входному отверстию пробоотборника дискретного счетчика частиц или счетчика ядер конденсации, чья кривая эффективности счета проходит слева от заштрихованной области на графике (см. рисунок В.1). Кривая эффективности счета для счетчиков, оснащенных пробоотборником с устройством, ограничивающим пропускание мелких частиц, изменится таким образом, что будет проходить, как это и требуется, через заштрихованную область на графике (см. рисунок В.1).

Устройство, ограничивающие пропускание мелких частиц, удаляет частицы с размерами менее установленных, уменьшая их пропускание определенным и воспроизводимым образом. Допускается применение других устройств, ограничивающих пропускание мелких частиц, если их характеристики не ниже требуемых характеристик по пропусканию. В качестве примера применяемых устройств, ограничивающих пропускание мелких частиц, можно назвать секции диффузионных батарей и виртуальные импакторы. Пропускание зависит от физических свойств частиц, конструкции устройства, ограничивающего пропускание мелких частиц, и скорости потока воздуха. Необходимо внимательно следить за тем, чтобы устройство, ограничивающее пропускание мелких частиц, применялось при таких скоростях воздушного потока, для которых оно было рассчитано, и было установлено таким образом, чтобы избежать накопления электростатического заряда. Накопление электростатического заряда можно свести к минимуму путем надежного заземления устройства, ограничивающего пропускание мелких частиц.

В.2.2 Методика определения концентрации ультрамелких частиц

Устанавливается пробоотборник дискретного счетчика частиц или счетчика ядер конденсации (с устройством, ограничивающим пропускание мелких частиц, если это необходимо). В каждой точке отбора проб производится отбор воздуха требуемого объема и выполняется счет частиц в соответствии с ИСО 14644-1 (приложение В) или ИСО 14644-2. Отбор пробы при низкой скорости потока воздуха при отборе или длинной трубке пробоотборника может привести к значительным потерям ультрамелких частиц из-за диффузии. Допустимая погрешность при отборе пробы из-за диффузии ультрамелких частиц, не должна превышать 5%. Вычисляется величина U-дескриптора для заданного диапазона размеров ультрамелких частиц, согласованного заказчиком и исполнителем, и вносятся данные в протокол. Если необходимо получить информацию о стабильности концентрации ультрамелких частиц, то выполняется не менее трех измерений в таких точках и с такими интервалами времени, которые согласованы заказчиком и исполнителем.

В.2.3 Приборы для счета ультрамелких частиц

Для счета ультрамелких частиц применяют дискретные счетчики частиц с характеристиками, описанными в С.3 (приложение С), или счетчики ядер конденсации с характеристиками, описанными в С.2 (приложение С). Дискретный счетчик частиц должен иметь эффективность счета, равную 50 %, для ультрамелких частиц согласно ИСО 14644-1 (приложение В), и возможность точного определения размеров частиц как минимум до 1 мкм. Эффективность счета частиц предельного размера для дискретных счетчиков частиц или счетчиков ядер конденсации должна быть определена в соответствии с графиком на рисунке В.1. Если счетчик способен обнаруживать частицы с размерами менее установленных, то следует использовать устройство, ограничивающее пропускание мелких частиц, с характеристиками пропускания согласно В.2.1.3.

В.2.4 Протокол испытаний

При определении U-дескриптора в чистом помещении, по соглашению между заказчиком и исполнителем, в протокол, как это указано в разделе 5 настоящего стандарта, должны быть внесены следующие данные:

a) данные, идентифицирующие дискретный счетчик частиц или счетчик ядер конденсации и устройство, ограничивающее пропускание мелких частиц, если оно используется; данные об их калибровке;

b) предельный размер ультрамелких частиц, принятый для определения U-дескриптора;

c) фоновый шум для дискретного счетчика частиц, если он используется;

d) необходимые характеристики устройства, ограничивающего пропускание мелких частиц;

e) тип испытаний: определение U-дескриптора или мониторинг;

f) класс чистоты чистого помещения;

g) параметры входного отверстия пробоотборника и расход воздуха при отборе пробы;

h) положение точки (точек) отбора проб;

i) установленная схема отбора проб при проведении испытаний;

j) состояние чистого помещения;

k) другие данные, существенные для испытания.

B.3 Определение концентрации аэрозольных макрочастиц

B.3.1 Область применения

Рассматриваемый метод предназначен для определения концентрации аэрозольных частиц с пороговым размером более 5 мкм (макрочастиц). Методика, приведенная в настоящем стандарте, взята из IEST-G-CC1003:1999 [13] и переработана. Определение концентрации частиц может проводиться в чистом помещении или чистой зоне в любом из трех состояний чистого помещения или чистой зоны. Определение концентрации макрочастиц в чистых помещениях (чистых зонах) выполняется в соответствии с ИСО14644-1 (приложением E) или при проведении периодического контроля в соответствии с ИСО 14644-2. Особое внимание должно быть уделено получению и обращению с пробой, чтобы свести к минимуму потери макрочастиц во время таких операций.

B.3.2 Обращение с пробой

Работа с макрочастицами требует внимательного отбора пробы и обращения с ней. Требования, предъявляемые к системам, которые могут быть использованы для изокинетического и анизокинетического отбора проб и доставки частиц до места их регистрации, приведены в [1] и [13].

B.3.3 Методики определения концентрации макрочастиц

B.3.3.1 Общие положения

Существует две основные группы методов измерения макрочастиц. Нельзя сравнивать данные, полученные при использовании разных методов измерения. Поэтому поиск корреляции между данными, полученными разными методами, может оказаться невозможным. Информация о размерах частиц может быть получена с помощью следующих методов:

a) накопление частиц путем фильтрации или использования инерционных эффектов, за которыми следуют измерение числа и размера частиц под микроскопом или измерение массы собранных частиц:

1) накопление частиц путем фильтрации с последующим измерением под микроскопом (см. B.3.3.2.1) дает информацию о макрочастицах с размерами превышающими установленные;

2) сбор частиц с помощью каскадного импактора с последующим измерением под микроскопом [см. B.3.3.2.2a)] дает информацию о макрочастицах с размерами, определяемыми оператором, при помощи микроскопа;

3) сбор частиц с помощью каскадного импактора с последующим измерением массы [см. B.3.3.2.2b)] дает информацию о макрочастицах с размерами, соответствующими аэродинамическому диаметру;

b) определение на месте концентрации и размера макрочастиц с помощью времяпролетного счетчика или дискретного счетчика частиц:

1) применение дискретного счетчика частиц (см. B.3.3.3.2) дает информацию о макрочастицах с размером, соответствующим эквивалентному оптическому диаметру;

2) использование времяпролетного счетчика частиц (см. B.3.3.3.3) дает информацию о макрочастицах с размером, соответствующим аэродинамическому диаметру.

B.3.3.2 Накопление и счет макрочастиц

B.3.3.2.1 Накопление частиц с помощью фильтра с последующим измерением под микроскопом

Выбирается мембранный фильтр с держателем или предварительно собранным устройством для обнаружения аэрозоля. При этом размеры пор используемого фильтра не должны превышать 2 мкм. На держателе делается отметка, позволяющая идентифицировать место отбора пробы и чистое помещение. К выходному отверстию присоединяют вакуумный насос, который будет обеспечивать движение воздуха с требуемой скоростью. Если точка отбора проб, где необходимо определить концентрацию макрочастиц, находится в однонаправленном потоке, то скорость потока воздуха должна быть отрегулирована таким образом, чтобы обеспечить изокинетический отбор проб через входное отверстие держателя фильтра или устройством для обнаружения аэрозоля, при этом входное отверстие должно быть повернуто навстречу однонаправленному потоку.

Входное отверстие держателя фильтра или устройства для обнаружения аэрозоля должны быть направлены вертикально вверх. Для систем, имеющих уровень чистоты, не менее 6 класса включительно и выше (см. ИСО 14644-1), объем пробы воздуха должен быть не менее чем 0,28 м^3. Для систем, имеющих уровень чистоты не более 6-го класса, объем пробы воздуха должен быть не менее чем 0,028 м^3.

Удаляют крышку с держателя мембранного фильтра или устройства для обнаружения аэрозоля и кладут ее в чистое место. Проводят отбор воздуха в точках отбора проб, согласованных между заказчиком и исполнителем. Если для обеспечения движения воздуха через фильтр используется переносной вакуумный насос, то воздух, выходящий из насоса, должен быть выведен за пределы чистого помещения или проходить через соответствующий фильтр. После завершения отбора проб держатель фильтра или регистратор аэрозоля закрывают. Образец с пробой следует перевозить таким образом, чтобы он все время между измерением и анализом находился в горизонтальном положении, и не подвергался вибрации или толчкам. Подсчитывают частицы на поверхности фильтра [4].

B.3.3.2.2 Накопление частиц с помощью каскадного импактора с их последующим измерением

В каскадном импакторе воздушный поток проходит через систему жиклеров с отверстиями уменьшающихся размеров. Самые большие частицы оседают непосредственно перед самыми большими отверстиями, более маленькие частицы оседают на каждой последующей ступени импактора. Для накопления макрочастиц используются два типа каскадных импакторов. В первом частицы оседают на съемных пластинах, которые вынимаются для проведения последующего взвешивания или исследования под микроскопом. Для этого типа каскадных импакторов при отборе проб обычно используются потоки, расход воздуха в которых не менее 0,00047 $м^3/с$. В другом типе импакторов частицы оседают на пьезоэлектрическом кварцевом датчике микровесов, который определяет массу частиц, собранных каждой ступенью импактора. В импакторе этого типа обычно используются потоки со значительно меньшим расходом воздуха.

a) В случае применения каскадных импакторов первого типа перед проведением измерений фиксируются начальные масса или число частиц на единицу площади для каждой накопительной пластины. Импактор работает не менее 10 мин. После чего он плотно закрывается и направляется для взвешивания или проведения измерений под микроскопом. Накопительные пластины удаляются, и записывается масса или число частиц, собранных на каждой из пластин. Концентрацию макрочастиц рассчитывают следующим образом: полная масса или число частиц, измеренные на соответствующих накопительных пластинах, деленная на полный объем воздуха, прошедшего через импактор.

b) При применении второго типа каскадных импакторов масса частиц записывается во время отбора пробы. Поскольку датчик микровесов может показывать изменение массы каждой пластины, то обычно нет необходимости определять их массу перед началом отбора пробы. Так же как и в других каскадных импакторах, пластины можно вынимать для проведения измерений отдельных частиц с помощью оптического микроскопа или состава частиц с помощью электронного микроскопа. Расход воздуха при отборе проб устанавливается равным 0,00039 $м^3/с$, а длительность отбора — от десяти минут до нескольких часов, в зависимости от класса чистоты чистого помещения (чистой зоны). Импактор размещается в предварительно выбранной точке отбора проб и включается. После окончания отбора пробы импактор может быть перемещен в другую точку, где могут быть проведены следующие измерения. Концентрация макрочастиц рассчитываются следующим образом: полная масса или число частиц, измеренные на соответствующих накопительных пластинах, деленная на полный объем воздуха, прошедшего через импактор.

B.3.3.3 Измерение макрочастиц без накопления

B.3.3.3.1 Общие положения

Счет макрочастиц может быть выполнен без их накопления. Этот процесс включает в себя оптические измерения аэрозольных частиц. Во время отбора пробы воздух с определенной скоростью движется через дискретный счетчик частиц, который определяет либо эквивалентный оптический диаметр, либо аэродинамический диаметр частиц.

B.3.3.3.2 Измерения с помощью дискретного счетчика частиц

Методика измерения макрочастиц с помощью дискретного счетчика частиц является такой же, как и приведенная в B.1 для аэрозольных частиц, с одним отличием. Отличие заключается в том, от дискретного счетчика частиц в данном случае не требуется чувствительность для определения частиц, с размером не более 1 мкм, т. к. ему нужно измерять только макрочастицы. Необходимо следить за тем, чтобы дискретный счетчик частиц проводил забор воздуха прямо из точки отбора проб. Для дискретного счетчика частиц нельзя использовать трубки для отбора проб длиной более 1 м. Дискретный счетчик частиц должен иметь возможность проводить отбор проб с расходом воздуха 0,00047 $м^3/с$ и иметь входное отверстие пробоотборника, размер которого может изменяться для проведения изокинетического отбора проб в зонах с однонаправленными потоками. В зонах с неоднонаправленным потоком входное отверстие пробоотборника дискретного счетчика частиц должно быть направлено вертикально вверх. Диаметр входного отверстия пробоотборника не должен быть не менее 30 мм.

Настройка диапазона измеряемых размеров дискретного счетчика частиц производится таким образом, чтобы регистрировались только макрочастицы. Необходимо провести счет числа частиц одного из размеров, не превышающего 5 мкм, [см. ИСО 14644-1, (таблица 1)], чтобы убедиться, что концентрация частиц с размерами, не превышающими размеров макрочастиц, не настолько велика, чтобы привести к ошибке несовпадений в измерениях с помощью дискретного счетчика частиц. Концентрация частиц с более низким пороговым размером в сумме с концентрацией макрочастиц не должна превышать 50 % максимального рекомендованного значения установленной концентрации для используемого дискретного счетчика частиц.

B.3.3.3.3 Определение размера частиц по времени пролета

Размеры макрочастиц могут быть определены с помощью приборов, в основу работы которых положен принцип измерения времени пролета частиц. Проба воздуха подается в прибор, и разгонятся за счет ее пропускания через сопло в камеру с частичным вакуумом, где расположен измерительный блок. Частицы, находящиеся в воздухе, также разгоняются, следуя за воздухом в измерительный блок. Значение ускорения частиц обратно

пропорционально их массе. Соотношение скоростей воздуха и частицы в точке измерения может быть использовано для определения аэродинамического диаметра частицы. Зная значение разности давлений воздуха снаружи и в измерительной камере, можно точно рассчитать скорость воздуха. Скорость частиц определяется по времени пролета между двумя лазерными лучами. Приборы, в основе работы которых положен принцип определения времени пролета, измеряют аэродинамический размер частиц с разрешением не менее 10 %. Процедура получения пробы та же самая, что и для измерений макрочастиц с помощью дискретных счетчиков частиц. Кроме того, для приборов, в основу работы которых положен принцип измерения времени пролета частиц, применяются такие же процедуры для установления диапазонов размеров частиц, как и для дискретных счетчиков частиц.

B.3.4 Методика определения концентрации макрочастиц

Устанавливают пробоотборник выбранного прибора. Проводят отбор проб воздуха в таком объеме, чтобы зарегистрировать как минимум 20 макрочастиц в каждой точке отбора проб, и проводят измерения в соответствии с ИСО 14644-1 или ИСО 14644-2. Вычисляют концентрацию для М-дескриптора для выбранных диапазонов размеров, согласованных заказчиком и исполнителем, и вносят данные в протокол. Если необходимо получить информацию о стабильности концентрации макрочастиц во времени, то проводят не менее трех измерений в выбранных точках отбора проб с интервалами времени, согласованными заказчиком и исполнителем.

B.3.5 Протокол испытаний

При определении концентрации макрочастиц в чистом помещении, по соглашению между заказчиком и исполнителем, в отчет, как это указано в разделе 5 настоящего стандарта, должны быть внесены следующие данные:

a) указание параметров частиц, соответствующих используемому оборудованию;

b) тип испытаний: классификация, определение М-дескриптора или мониторинг;

c) описание каждого вида использованного оборудования и данные о его калибровке;

d) класс чистоты чистого помещения;

e) диапазон размеров макрочастиц и результат счета для каждого из размеров;

f) расход воздуха через проботборник и измерительную камеру оборудования;

g) положение точки (точек) отбора проб;

h) схема отбора проб;

i) состояние чистого помещения;

j) стабильность концентрации макрочастиц, если требуется;

k) другие данные, существенные для испытания.

B.4 Анализ воздушных потоков

B.4.1 Область применения

Целью данного испытания является измерение скорости и однородности воздушного потока, а также расхода приточного воздуха в чистом помещении. В чистых помещениях с однонаправленным потоком определяют распределение скоростей, а в чистых помещениях с неоднонаправленным потоком — выполняют измерение расхода приточного воздуха. Измерение расхода приточного воздуха выполняется для определения объема воздуха, подаваемого в чистое помещение в единицу времени. Значение расхода приточного воздуха может быть также использовано для определения числа обменов воздуха в единицу времени. Расход приточного воздуха измеряют либо после финишных фильтров, либо внутри воздуховодов. Оба метода основаны на определении скорости воздуха, проходящего через площадку с известной площадью, при этом расход воздуха равен произведению скорости воздуха и площади. Выбор метода определяется соглашением между заказчиком и исполнителем. Данное испытание может проводиться в каждом из трех состояний чистого помещения.

B.4.2 Методика испытаний для чистого помещения с однонаправленным потоком

B.4.2.1 Общие положения

Скорость однонаправленного потока обуславливает эксплуатационные характеристики чистого помещения с однонаправленным потоком. Скорость может быть измерена вблизи выходной поверхности финишных фильтров или внутри помещения. Для проведения измерений выбирается плоскость измерений, перпендикулярная к потоку приточного воздуха, которая делится сеткой на секторы одинаковой площади [15].

B.4.2.2 Скорость потока приточного воздуха

Скорость воздушного потока следует измерять на расстоянии от 150 до 300 мм от поверхности фильтра. Число точек измерения должно быть достаточным для определения расхода приточного воздуха в чистом помещении. Оно может быть рассчитано как квадратный корень из умноженного на 10 значения площади поперечного сечения потока, выраженной в квадратных метрах, но должно быть не менее четырех. По меньшей мере, одна точка измерений должна приходиться на каждый фильтр. Для предотвращения нарушений однонаправленного потока могут использоваться занавеси.

Для каждой из точек измерений записываются усредненные по времени значения скорости. Время измерений в каждой точке измерений должно быть достаточным для обеспечения воспроизводимых результатов.

B.4.2.3 Однородность скорости в чистом помещении

Однородность скорости следует измерять на расстоянии от 150 до 300 мм от поверхности фильтра. Деление плоскости измерений сеткой на секторы следует осуществлять по соглашению между заказчиком и исполнителем.

Если в чистом помещении установлено производственное оборудование, то важно подтвердить наличие значительных изменений воздушного потока вследствие этого. Поэтому измерения однородности скорости не должны проводиться вблизи таких объектов.

Полученные данные могут не отражать характеристик самого чистого помещения. Данные, использующиеся для определения однородности скорости (распределения скорости), должны быть согласованы заказчиком и исполнителем.

Время измерений в каждой точке измерений должно быть достаточным для обеспечения воспроизводимых результатов.

B.4.2.4 Измерение расхода приточного воздуха вблизи выходной поверхности фильтра

Результаты измерений скорости воздушного потока, проведенных согласно B.4.2.2, могут быть использованы для расчета полного расхода приточного воздуха. Полный расход приточного воздуха Q рассчитывается по формуле

$$Q = \Sigma (U_C \cdot A_C) \ , \qquad (B.1)$$

где Q — полный расход воздуха;

U_S — скорость воздушного потока в центре каждого сектора;

A_C — площадь сектора, которая вычисляется следующим образом: как площадь чистого помещения (чистой зоны), деленная на число точек измерения;

Σ — знак суммирования по всем ячейкам.

B.4.2.5 Измерение расхода приточного воздуха в воздуховодах

Расход приточного воздуха в воздуховодах может быть измерен с помощью расходомеров объема, таких как диафрагменный расходомер, расходомер Вентури или анемометры (см. ИСО 5167-1, ИСО 5167-4 [19], [20], [21], [22]).

Если измерения в прямоугольном воздуховоде проводятся с использованием трубки Пито и манометров или анемометров (термоанемометров или крыльчатых), то плоскость измерений в воздуховоде должна быть разделена на прямоугольные секторы одинаковой площади, а скорость воздушного потока следует измерять в центре каждого сектора. Число прямоугольных секторов должно быть согласовано между заказчиком и исполнителем и может быть равно, например, 9 или 16. Расход воздуха может быть рассчитан так же, как это описано в B.4.2.4. Измерения в круглых воздуховодах проводят по методике определения расхода воздуха с помощью трубок Пито, приведенная в ЕН 12599 [10].

B.4.3 Методика испытаний для чистого помещения с неоднонаправленным потоком

B.4.3.1 Общие положения

Расход приточного воздуха и кратность воздухообмена являются наиболее важными параметрами. В некоторых случаях для определения объема приточного воздуха необходимо проводить измерения скорости приточного воздуха через каждый отдельный диффузор [15].

B.4.3.2 Измерение расхода приточного воздуха через воздухораспределитель

При подаче воздуха через воздухораспределитель возникают струйное течение и локальная турбулентность, поэтому для измерений рекомендуется использовать раструб, который собирает весь воздух, выходящий из финишного фильтра или приточного диффузора. Для измерения расхода приточного воздуха используют раструб с расходомером или определяют расход, умножая скорость воздуха, проходящего через сечение раструба, на эффективную площадь сечения. Раствор раструба должен полностью накрывать фильтр или диффузор, плотно соприкасаясь с плоской поверхностью для избежания утечек воздуха и погрешности измерений. При использовании сопла с расходомером поток воздуха от каждого финишного фильтра или приточного диффузора должен измеряться непосредственного у выпускного сечения сопла.

B.4.3.3 Расчет расхода приточного воздуха по скорости воздуха, проходящего через фильтр

При отсутствии раструба оценку расхода приточного воздуха можно осуществлять, проведя измерения с помощью анемометра после каждого финишного фильтра. Расход приточного воздуха равен произведению скорости воздушного потока на площадь выходного сечения. Для предотвращения нарушений однонаправленного потока могут использоваться занавеси.

Методика расчета расхода приточного воздуха приведена в B.4.2.4.

Если плоскость измерений невозможно разделить на прямоугольные секторы одинаковой площади, то следует использовать средние скорости воздуха со статической массой, пропорциональной площади сектора.

B.4.3.4 Расход приточного воздуха в воздуховодах

Расход приточного воздуха в воздуховодах следует определять по B.4.2.5.

B.4.4 Оборудование для измерений воздушного потока

Описание и спецификации оборудования приведены в C.4 (приложение C). Для измерения воздушных потоков используются ультразвуковой анемометр, термоанемометр, крыльчатый анемометр или аналогичное оборудование.

Для измерения расхода приточного воздуха могут использоваться диафрагменный расходомер, расходомер Вентури, трубки Пито и усредняющие трубки Пито с манометрами или аналогичное оборудование.

Измерение скорости потока воздуха следует выполнять с помощью оборудования, которое не чувствительно к вариациям скорости воздуха от точки к точке на малых расстояниях. Так, например, термоанемометр можно использовать, если сечение потока разделено на малые секции и используются дополнительные точки измерения. С другой стороны, крыльчатый анемометр может использоваться, если он имеет достаточную чувствительность и размеры, достаточные для усреднения скорости воздуха по всему диапазону вариаций.

Выбранное оборудование должно иметь действующие сертификаты калибровки.

B.4.5 Протокол испытаний

В дополнение к пунктам протокола испытаний, указанным в разделе 5, по соглашению между заказчиком и исполнителем, указываются следующие данные:

a) вид испытаний, вид и условия измерений;

b) описание каждого вида использованного оборудования и данные об его калибровке;

c) положение точек измерения, их расстояние от поверхности фильтра;

d) состояние чистого помещения;

e) другие данные, существенные для испытания.

B.5 Измерение перепада давления

B.5.1 Область применения

Цель данного испытания — убедиться в способности системы чистых помещений поддерживать требуемую разность давлений между системой чистых помещений и окружающей средой, а также между отдельными помещениями системы чистых помещений. Измерение перепада давления может проводиться для каждого из состояний чистого помещения, может выполняться на регулярной основе, как часть программы текущего контроля оборудования согласно ИСО 14644-2.

B.5.2 Методика испытаний

До начала проведения измерений разности давлений между помещениями (помещениями и окружающей средой) целесообразно убедиться в том, что расход приточного воздуха и баланс воздухообмена системы чистых помещений соответствует установленным требованиям.

Убедившись в том, что все двери закрыты, следует измерить и записать перепад давления между чистым помещением и окружающей средой.

Если система чистых помещений состоит из более чем одного помещения, то должен быть измерен перепад давления между центральным (наиболее внутренним) помещением и примыкающими к нему помещениями. Измерения следует проводить до тех пор, пока не будет измерен перепад давления между периферическими чистыми помещениями и окружающими их вспомогательными помещениями и наружной окружающей средой.

В связи с тем, измеряемые значения очень малы, неправильное выполнение измерений может привести к погрешности измерений. Необходимо принять во внимание следующее:

a) рекомендуется установить постоянные точки измерения;

b) проводить измерения в точках, расположенных приблизительно в центре чистого помещения, на удалении от мест подачи приточного и забора вытяжного воздуха, т.к. это может повлиять на локальное давление в точках измерения.

B.5.3 Оборудование для измерения перепада давления

Описание оборудования приведено в C.5 (приложение C). Для проведения испытаний могут применяться электронный микроманометр, наклонный манометр или механический датчик перепада давления.

Оборудование должно иметь действующие сертификаты калибровки.

B.5.4 Протокол испытаний

В дополнение к пунктам протокола испытаний, указанным в разделе 5, по соглашению между заказчиком и исполнителем, указываются следующие данные:

a) вид испытаний, вид и условия измерений;

b) описание каждого вида использованного оборудования и данные о его калибровке;

c) класс чистоты рассматриваемых помещений;

d) положение точек измерения;

e) состояние чистого помещения.

B.6 Испытание целостности установленной системы фильтрации

В Н И М А Н И Е. Испытание с использованием аэрозоля может привести к неприемлемому уровню загрязнений частицами или молекулярному загрязнению внутри чистого помещения. Применение некоторых контрольных аэрозолей может при определенных условиях быть опасным для здоровья. Настоящий стандарт не рассматривает вопросы безопасности применения приведенных методов испытаний. Ответственность за установление и соблюдение мер безопасности, определение степени риска и соблюдение требований нормативных документов лежит на пользователе. Соответствие требованиям безопасности должно быть проверено до начала практического использования настоящего стандарта.

B.6.1 Область применения

B.6.1.1 Общие положения

Данный вид испытаний предназначен для подтверждения того, что монтаж системы фильтрации выполнен надлежащим образом, целостность фильтров не нарушена и в процессе эксплуатации не появились утечки в системе фильтрации воздуха. Настоящий метод частично заимствован из IEST-RP-CC034.2 [18] и переработан. В процессе испытаний проверяется отсутствие утечек в соответствии с требованиями к классу чистоты чистого помещения или чистой зоны. Метод испытаний заключается в подаче на вход фильтра контрольного аэрозоля и либо одновременном сканировании после фильтра в зоне самого фильтра и элементов его крепления, либо в одновременном отборе пробы в воздуховоде после фильтра. В процессе испытаний проверяется целостность всей системы фильтрации, включая фильтровальный материал, раму, элементы крепления и герметизации. Испытание целостности установленной системы фильтрации не следует путать с определением эффективности отдельных фильтров на заводе-изготовителе. Испытание целостности установленной системы фильтрации выполняется в построенном или оснащенном состояниях чистого помещения при аттестации новых или при повторной аттестации существующих чистых помещений, а также после замены финишных фильтров.

В B.6.2 и B.6.3 приведены две методики испытаний для фильтров, установленных в потолке, стенах или в оборудовании; в B.6.4 — для фильтров, установленных в воздуховодах. Испытания могут быть проведены с использованием фотометра аэрозолей (см. B.6.2) или дискретного счетчика частиц (см. B.6.3). Результаты испытаний, полученные этими методами, не допускают прямого сопоставления.

B.6.1.2 Применение фотометра аэрозолей

Фотометр аэрозолей может использоваться для проведения испытаний:

a) в чистых помещениях (чистых зонах) с небольшими системами вентиляции и кондиционирования или при расположении точек ввода контрольных аэрозолей в воздуховоде, позволяющим обеспечить высокую концентрацию частиц на входах фильтров;

b) систем фильтрации, имеющими интегральное значение коэффициента проскока по размеру наиболее проникающих частиц (точка MPPS), равное или превышающее 0,003 %.

c) чистых помещений, для которых последующее отделение масел, входящих в контрольные аэрозоли и осевших на фильтрующем материале или стенках воздуховодов при проведении испытаний, не опасно для продукции или процессов, проводимых в чистом помещении.

Примечание — При применении фотометра аэрозолей необходимая концентрация частиц в 100 — 1000 раз превышает концентрацию частиц в случае работы с дискретным счетчиком частиц (для того же класса фильтров).

B.6.1.3 Применение дискретного счетчика частиц

Метод дискретного счетчика частиц (см. B.6.3) имеет более высокую чувствительность и приводит к меньшему загрязнению системы фильтров, чем при использовании фотометра аэрозолей. Он может применяться для испытаний:

a) чистых помещений с малыми и с большими системами вентиляции и кондиционирования;

b) систем с фильтрации, имеющими различные интегральные значения коэффициента проскока по размеру наиболее проникающих частиц (точка MPPS), вплоть до 0,000005 % и менее;

c) чистых помещений, для которых последующее отделение масел, входящих в контрольные аэрозоли и осевших на фильтрующем материале или стенках воздуховодов при проведении испытаний недопустимо, и для которых рекомендуется использовать аэрозоли с твердыми частицами.

B.6.2 Методика испытания целостности установленной системы фильтрации сканированием с использованием фотометра аэрозолей

B.6.2.1 Общие положения

Подготовительные этапы описаны в B.6.2.2 — B.6.2.5, методика испытаний — в B.6.2.6, критерии приемлемости и рекомендации по ремонту — в B.6.2.7 и B.6.6 [14], [15], [18].

B.6.2.2 Выбор контрольных аэрозолей

В воздух, идущий к фильтру и содержащий естественные аэрозоли, следует добавить полидисперсные аэрозоли для достижения требуемой концентрации частиц на входе фильтров. Средний эквивалентный диаметр частиц при этом должен быть в пределах от 0,5 до 0,7 мкм (стандартное отклонение — 1,7).

Примечание — Материалы, применяемые для генерации аэрозолей, приведены в С.6.4 (приложение С).

B.6.2.3 Концентрация контрольного аэрозоля до фильтров и ее оценка

Концентрация контрольных аэрозолей до фильтров должна быть в пределах от 10 до 100 мг/м^3. При концентрации менее 20 мг/м^3 чувствительность метода по обнаружению утечек может снизиться. Концентрация более 80 мг/м^3 при длительных испытаниях может привести к чрезмерному загрязнению фильтра.

При первом испытании системы фильтров следует обратить внимание на однородность распределения частиц контрольных аэрозолей в приточном воздухе. Для этого до начала испытаний следует документально указать все точки подачи и испытаний контрольных аэрозолей.

Разброс концентраций частиц до фильтров в разное время и во всех точках испытаний не должен превышать отношения ± 15 %. Определенная при этом средняя концентрация частиц контрольных аэрозолей должна рассматриваться как концентрация частиц в воздухе перед фильтром. При концентрациях менее этого значения снижается эффективность метода по обнаружению мелких дефектов. При более высоких концентрациях чувствительность метода повышается. Подробные детали того, как обеспечить перемешивание контрольного аэрозоля согласовывается заказчиком и исполнителем. Могут использоваться дополнительные рекомендации ASME N510-1989 [1] и IEST-PR-CC034.2:1999 [18].

B.6.2.4 Определение размеров пробоотборника

Размеры входного отверстия пробоотборника зависят от скорости отбора пробы фотометра и скорости воздуха на выходе фильтра. Эти размеры должны быть такими, чтобы обеспечивалось уравнивание скорости потока воздуха и скорости отбора пробы. Пробоотборник должен иметь квадратную или прямоугольную форму. Размер стороны пробоотборника D_p, см, в направлении параллельном направлению сканирования, расчитывают по формуле

$$D_p = \frac{q_{Va}}{UW_p}, \qquad \text{(B.2)}$$

где D_P — размер стороны пробоотборника в направлении, параллельном направлению сканирования, см;

q_{Va} — действительная скорость отбора пробы измерительного оборудования, см^3/с;

U — скорость воздуха на выходе из фильтра, см/с;

W_p — размер стороны поперечного сечения пробоотборника, перпендикулярной к направлению сканирования, см.

Примечание — Скорость воздуха должна удовлетворять условию:

$$(U + 20\ \%) \geq U_S \geq (U - 20\ \%)$$

или

$$1{,}2\ U \geq U_S \geq 0{,}8\ U,$$

где U — скорость воздушного потока на выходе из фильтра;

$$U_S = \frac{q_{Va}}{D_p W_p}.$$

B.6.2.5 Определение скорости сканирования

Скорость сканирования S_r должна быть равной $15/W_p$, см/с [18].

Например, при поперечном сечении пробоотборника 3 см × 3 см скорость сканирования S_r не должна превышать 5 см/с. Если используется прямоугольный пробоотборник, то скорость сканирования не должна превышать 15 см/с.

B.6.2.6 Методика испытания целостности установленной системы фильтрации при помощи сканирования

Метод состоит в подаче контрольных аэрозолей на вход фильтров и в поиске утечек путем сканирования поверхности фильтра со стороны выхода воздуха, а также элементов крепления, при этом:

a) определяется скорость потока воздуха до начала испытаний;

b) определяется концентрация частиц в воздухе до фильтров и ее однородность (см. B.6.2);

c) выполняется сканирование поверхности фильтра и элементов крепления путем перемещения пробоотборника параллельно поверхности фильтра со скоростью, не превышающей значения S_r (см. B.6.2.4), причем зоны, захватываемые при сканировании, должны пересекаться. Максимальное расстояние от поверхности фильтра или элементов крепления до пробоотборника должно быть около 3 см;

d) сканирование выполняется по всей поверхности каждого фильтра, по его периметру, элементам крепления и герметизации, рамы, на которой крепятся фильтры, включая места соединения;

e) измерение концентрации аэрозоля до фильтров следует повторять при необходимости, между циклами сканирования и после них, чтобы подтвердить ее стабильность (см. B.6.2.3)

B.6.2.7 Результаты испытаний

Если при сканировании обнаруживается любой признак недопустимой утечки (B.6.2.3), то в точке с максимальными показаниями фотометра пробоотборник следует остановить и документально зафиксировать местоположение утечки;

Считается, что утечка становится недопустимой, когда отношение концентраций частиц до и после фильтра превышает 10^{-4} (0,01 %). Альтернативные результаты испытаний могут быть установлены по соглашению между заказчиком и исполнителем.

Рекомендации по устранению дефектов приведены в B.6.6.

Примечание — Для фильтров с разными коэффициентами проскока и для фотометров с разными временами отклика могут устанавливаться разные результаты испытаний для допустимой утечки, (см. IEST-RP-CC034.2 [18]).

B.6.3 Методика испытания целостности установленной системы фильтрации при помощи сканирования с использованием дискретного счетчика частиц

B.6.3.1 Общие положения

Испытание выполняется в два этапа:

a) На первом этапе проводится сканирование поверхности фильтра со стороны чистого помещения на предмет обнаружения потенциальной утечки. При этом превышение обнаруженного числа частиц C_a за время T_s указывает на потенциальное наличие утечки. В этом случае переходят ко второму этапу. Если превышение не обнаружено, то дальнейший анализ не проводится. Методы расчета C_a и T_s приведены в B.6.3.6;

b) На втором этапе пробоотборник помещается неподвижно в точке с максимальным числом частиц под местом потенциальной утечки и повторяется измерение. Если при неподвижном состоянии счетчика число обнаруженных частиц за время T_r превысит допустимое значение C_a, то в данном месте есть утечка. Методы расчета величин C_a и T_r приведены в B.6.3.6.

B.6.3.2 Условия для выбора аэрозоля

В воздух, идущий к фильтрам, следует добавить искусственно полученные контрольные аэрозоли, чтобы достичь требуемой концентрации частиц на входе фильтров.

Примечание — Рекомендации по выбору аэрозоля приведены в C.6.4 (приложение C).

При выборе контрольных аэрозолей учитываются следующие условия:

a) средний эквивалентный диаметр частиц контрольных аэрозолей должен быть в пределах от 0,1 до 0,5 мкм;

b) пороговый размер частиц для счетчика должен быть не более выбранного размера частиц контрольного аэрозоля;

c) если счетчик частиц имеет более одного канала между пороговым размером и 0,5 мкм, то следует выбрать канал с меньшим пороговым размером, соответствующим большим значениям концентрации частиц;

d) средний эквивалентный размер частиц должен быть выбран около средней точки (размера) выбранного канала счетчика.

B.6.3.3 Концентрация аэрозоля до фильтра и ее оценка

Концентрация контрольных аэрозолей до фильтров должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить приемлемую скорость сканирования (см. B.6.3.5). В большинстве случаев следует искусственно подавать контрольные аэрозоли на вход фильтров, чтобы достичь необходимой концентрации частиц. Для измерения такой высокой концентрации может потребоваться разбавитель, чтобы не выйти за допустимые пределы концентрации для счетчика и избежать ошибки совпадения при счете частиц. Работоспособность разбавителя должна проверяться в начале и в конце цикла его использования [16].

Если концентрация частиц на входе фильтров изменяется с течением времени в значительных пределах, то ее следует контролировать в ходе сканирования фильтров, чтобы иметь данные для последующих вычислений. При концентрациях ниже среднего значения чувствительность к обнаружению малых утечек будет ниже, а при высоких концентрациях — выше. Подробности контроля однородности распределения контрольных аэрозолей в воздухе до фильтров, включая частоту его проведения и число точек отбора проб воздуха, подаваемого на фильтры [18], следует оговорить в соглашении между заказчиком и исполнителем.

B.6.3.4 Определение размеров пробоотборника

Определение размеров пробоотборника — в соответствии с B.6.2.4.

B.6.3.5 Методика испытания целостности установленной системы фильтрации при помощи сканирования

Методика приведена в B.6.2.6 с учетом того, что B.6.2.3 и B.6.2.5 должны быть заменены на B.6.3.3 и B.6.3.6.4 соответственно.

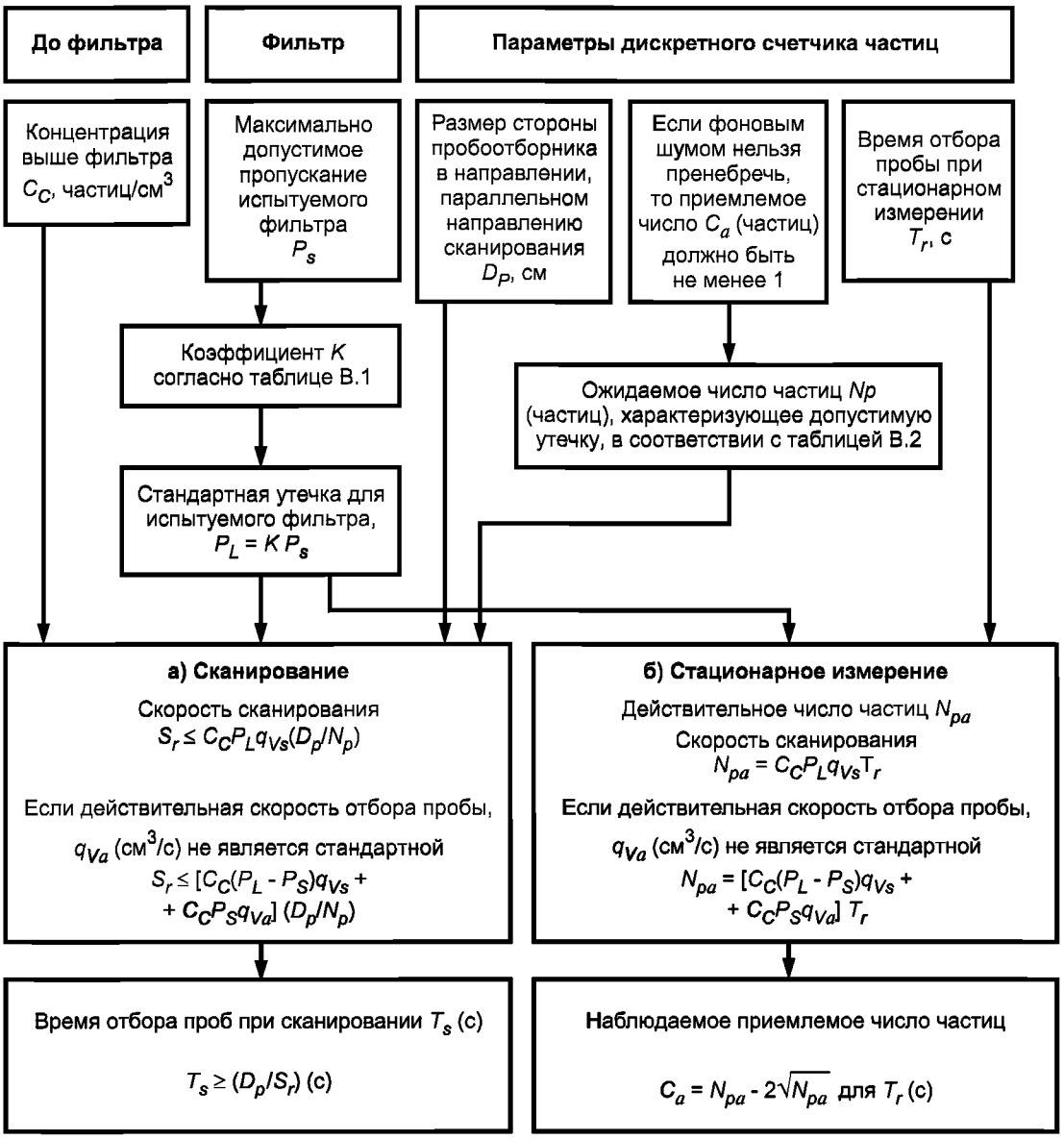


Рисунок В.2 — Схема проведения предварительной оценки

Методики оценки

a) Обнаружение потенциальной утечки при сканировании

Если в течение короткого времени (менее T_s) регистрируется две и более частицы, то следует выполнить стационарный контроль (при неподвижном пробоотборнике) в месте предполагаемой утечки, если C_a оценено равным 1. Если число частиц не увеличивается, то принимается, что утечки нет.

b) Обнаружение утечки при неподвижном пробоотборнике

Если обнаруженное число частиц менее C_a в течение времени T_r, то принимается, что утечки нет. Если число частиц более C_a в течение времени T_r, то принимается, что утечка есть.

В.6.3.6 Предварительные расчеты

В.6.3.6.1 Обозначения и диаграмма последовательности предварительных расчетов и оценок

В настоящем разделе приняты следующие обозначения:

C_C — концентрация аэрозоля до фильтра (частиц/см^3);

P_s — максимально допустимое интегральное значение коэффициента проскока для наиболее проникающих частиц (точка MPPS) испытуемого фильтра;

P_L — стандартная утечка для испытуемого фильтра;

K — коэффициент, показывающий во сколько раз P_L может быть больше P_S;

q_{Vs} — стандартное значение скорости отбора проб, q_{Vs} = 472 см^3/с (= 28,3 л/мин);
q_{Va} — действительное значение скорости отбора проб дискретного счетчика частиц, см^3/с;
S_r — скорость сканирования пробоотборником, см/с;
D_P — размер стороны пробоотборника в направлении, параллельном направлению сканирования, см;
N_p — ожидаемое число счета частиц, которое характеризует стандартную утечку (частицы);
N_{pa} — действительное число счета частиц, которое характеризует стандартную утечку (частицы);
C_a — число обнаруженных частиц при стационарном счете частиц (неподвижном пробоотборнике);
T_s — время отбора пробы при сканировании, с;
T_r — время отбора пробы при стационарном измерении, с;
Схема последовательности предварительных расчетов приведена на рисунке В.2.

В.6.3.6.2 Стандартная утечка для испытываемого фильтра P_L

Стандартная утечка P_L определяется с помощью счетчика частиц со стандартной скоростью пробоотбора (28,3 л/мин). Пробоотборник находится напротив места утечки.

P_L выбирается по соглашению между заказчиком и исполнителем или рассчитывается с помощью таблицы В.1 по формуле:

$$P_L = KP_s, \qquad (B.3)$$

Таблица В.1 — Зависимость K от P_s

Максимально допустимый коэффициент проскока P_s	$\leq 5 \cdot 10^{-4}$	$\leq 5 \cdot 10^{-5}$	$\leq 5 \cdot 10^{-6}$	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 5 \cdot 10–8$
Коэффициент K	10	10	30	100	300

P_s определяется как максимально допустимое значение коэффициента проскока в точке MRRS для контролируемого фильтра согласно данным производителя.

Примечание — P_L включает проскок сквозь фильтровальную среду и утечки.

В некоторых местах локальное значение коэффициента проскока может быть более интегрального значения. C_a может быть заменено на N_p. Рекомендуется, чтобы величина N_p была не менее 2, при этом выполнение условия В.6.3.6.3 не требуется.

Для обеспечения сравнения результатов испытания для метода с использованием фотометров (см. В.6.2) можно принять максимально допустимое значение проскока равным 0,01 %, для фильтров с интегральным значением коэффициента проскока от 0,05 % до 0,005 %. В этом случае средний размер частиц аэрозоля должен быть примерно (0,8 ± 0,2) мкм.

В.6.3.6.3 Ожидаемое число счета частиц и результаты испытаний C_a

При статических вычислениях одна обнаруженная частица C_a дает верхний доверительный предел N_p. Некоторые значения C_a и N_p приведены в таблице В.2. При значениях, не превышающих N_p возможно более быстрое сканирование или использование меньших концентраций аэрозоля на входе фильтра:

a) Если число ложного счета пренебрежительно мало, то следует использовать значения C_a = 0, N_p = 3,7;

b) В ином случае следует принимать $C_a \geq 1$.

Таблица В.2 — Верхнее предельное значение 95 %-ного доверительного интервала распределения Пуассона [8], [17]

Число обнаруженных частиц C_a	Верхнее предельное значение N_p	Число обнаруженных частиц C_a	Верхнее предельное значение N_p
0	3,7	6	13,1
1	5,6	7	14,4
2	7,2	8	15,8
3	8,8	9	17,1
4	10,2	10	18,4
5	11,7	11	19,7

Примечание — Если N_p превышает 19,7, то C_a можно рассчитать по формуле:

$$C_a = N_p - 2\sqrt{N_p}. \qquad (B.4)$$

B.6.3.6.4 Скорость сканирования S_r

Скорость сканирования S_r рассчитывается по формуле [18]

$$S_r \le C_C P_L q_{Vs} \frac{D_p}{N_p} = C_C P_L 472 \frac{D_p}{N_p}. \quad \text{(B.5)}$$

Скорость сканирования S_r не должна превышать 8 см/с.

S_r и C_a должны быть выбраны предварительно, а концентрация аэрозоля до фильтра C_C рассчитывается по формуле (B.5).

B.6.3.6.5 Время отбора пробы T_r, определение N_{pa} и C_a для T_r

а) Выбор времени отбора пробы T_r, с

Если число обнаруженных частиц превышает C_a, то следует выполнить контроль при неподвижном пробоотборнике в течение времени T_r. При использовании серийных счетчиков частиц T_r следует выбирать кратным от одного до нескольких выбранных интервалов, установленных на счетчике.

б) Расчет действительного числа частиц N_p (частицы) для T_r и C_a (частицы)

Действительное число частиц, характеризующих утечку N_{pa} для времени T_r, может быть получено из уравнения B.6. При $N_p > C_a$ следует использовать формулу B.7.

$$N_{pa} = C_C P_L q_{Vs} N_r; \quad \text{(B.6)}$$

$$C_a = N_{pa} - 2\sqrt{N_{pa}}. \quad \text{(B.7)}$$

B.6.3.6.6 Определение потенциальной утечки при помощи сканирования

а) Число обнаруженных частиц меньше C_a

Если число обнаруженных частиц не более C_a в течение времени равном или большим T_s, то утечки нет. Время T_s должно быть не менее времени пересечения места утечки пробоотборником (см. B.8) [18] и должно рассчитываться из условия:

$$T_s \ge \frac{D_p}{S_r}. \quad \text{(B.8)}$$

b) Число обнаруженных частиц больше C_a

В этом случае следует продолжить отбор проб в месте утечки.

При ручном сканировании утечка может быть обнаружена визуально на дисплее счетчика частиц или за счет звукового сигнала счетчика. Для того чтобы отличить приемлемое число частиц от неприемлемого концентрация аэрозоля на входе фильтра должна быть такой, чтобы число частиц после фильтра не превышало 10.

Интервал времени для отбора проб должен быть достаточным, чтобы исключить влияние эффекта сброса числа частиц между интервалами.

B.6.3.6.7 Определение утечки при повторном стационарном контроле

а) Число обнаруженных частиц менее C_a

Если число обнаруженных частиц не более C_a в течение времени T_r, то утечки нет.

б) Число обнаруженных частиц превышает C_a

В этом случае следует повторить стационарный отбор пробы. Если число обнаруженных частиц по-прежнему будет превышать C_a, то фильтр имеет утечку.

B.6.3.7 Поправки для нестандартной скорости потока

Стандартная утечка P_L соответствует стандартной скорости отбора пробы q_{Vs} = 472 см^3/с (28,3 л/мин). Счет частиц от утечек не зависит от скорости отбора пробы q_{Va} в отличие от частиц, проникающих через обычную фильтровальную среду. При нестандартных скоростях отбора пробы следует использовать уравнения:

$$S_r \le [C_C (P_L - P_s) q_{Vs} + C_C P_S q_{Va}] (D_p/N_p); \quad \text{(B.9)}$$

$$N_{pa} = [C_C (P_L - P_s) q_{Vs} + C_C P_S q_{Va}] T_r. \quad \text{(B.10)}$$

B.6.3.8 Пример проведения расчетов

Схема проведения расчетов приведена на рисунке B.3.

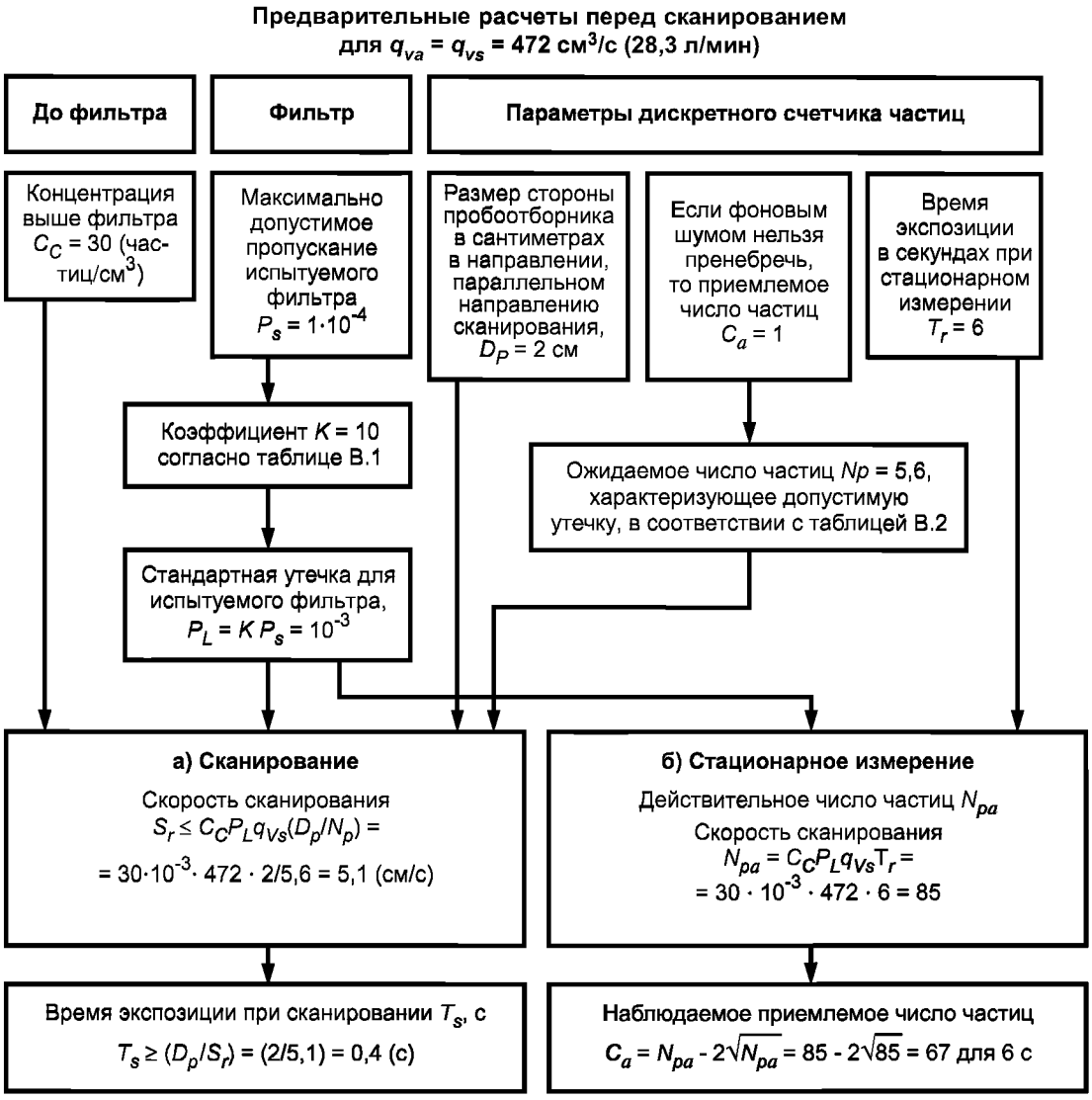


Рисунок В.3 — Схема проведения предварительных расчетов

Методики оценки

a) Обнаружение потенциальной утечки при сканировании

Если в течение короткого времени (менее 0,4 с) число частиц увеличилось на две или более частицы, то следует выполнить стационарное испытание в месте предполагаемой утечки. Если число частиц не увеличилось, то в сканируемой зоне утечки нет.

b) Обнаружение утечки при неподвижном пробоотборнике

Если в течение времени T_r = 6 с число обнаруженных частиц меньше C_a = 67, то принимается, что утечки нет. Если число обнаруженных частиц превышает C_a в течение времени T_r, то принимается, что утечка есть.

В.6.4 Испытание интегральной целостности фильтров, установленных в воздуховоды или кондиционеры

Этот метод может использоваться для контроля целостности фильтров, установленных в воздуховоды. Он может также использоваться для контроля целостности многосекционного комплекта фильтров без проверки отдельных секций. Его можно использовать и для контроля финишных фильтров, установленных в чистых помещениях с неоднонаправленным потоком воздуха. Этот метод имеет значительно меньшую чувствительность по обнаружению утечек, чем методы, приведенные в В.6.2 и В.6.3 [1], [6], [9].

Метод заключается в следующем:

- до фильтра подается воздух с достаточной концентрацией частиц;
- определяется концентрация частиц до фильтра;
- определяется концентрация частиц после фильтра;
- сравниваются обе концентрации, и вычисляется интегральная эффективность фильтра.

Перед проведением контроля следует проверить скорость потока воздуха (см. В.4).

Далее следует проверить концентрацию аэрозоля и ее однородность до фильтра фотометром (см. В.6.2.3) или счетчиком частиц (см. В.6.3.4).

Концентрация частиц в воздухе после фильтра определятся не менее чем в одной точке для каждого фильтра, причем однородное смешивание потока должно произойти до этой точки. Если это условие не выполняется, то следует выбрать другой метод контроля. Отбор проб выполняется после фильтров в несколько равномерно распределенных точках в плоскости, расположенной на расстоянии от 30 до 100 см от поверхности фильтра, а в воздуховодах на расстоянии 3 см от стенки воздуховода;

Для подтверждения стабильности работы генератора аэрозолей следует повторно, через определенные интервалы времени определить концентрации частиц до фильтров (см. В.6.2.3).

По данным о концентрации частиц вычисляются интегральные значения коэффициента проскока частиц заданного размера для каждой точки, расположенной после фильтра.

При использовании счетчика частиц эти фактические значения коэффициента проскока не должны превышать заданных значений коэффициента проскока для фильтра в точке MPPS более чем в пять раз. Если используется фотометр аэрозолей, то фактические значения коэффициента проскока не должны превышать 10^{-4} (0,01 %). Другие результаты испытаний при контроле эффективности фильтров могут быть установлены соглашением между заказчиком и исполнителем.

Ремонт фильтров или устранение утечек выполняются в соответствии с В.6.6, либо в порядке, определяемом соглашением между заказчиком и исполнителем.

Примечание — В случаях, когда требуется контроль целостности фильтров, установленных в воздуховодах, методом сканирования, следует использовать методы, приведены в В.6.2 и В.6.3.

В.6.5 Оборудование и материалы для контроля целостности установленной системы фильтрации

Оборудование, указанное в В.6.5.1 — В.6.5.4, должно иметь действующие сертификаты калибровки.

В.6.5.1 Фотометр аэрозолей логарифмический или линейный (см. С.6.1)

В.6.5.2 Дискретный счетчик частиц (см. С.6.2)

Счетчик должен иметь требуемую скорость отбора проб и считать частицы требуемых размеров.

Счетчики частицы и фотометры целесообразно применять, если фоновый счет не превышает 10 % значения утечки.

В.6.5.3 Пневматический или тепловой генератор аэрозоля для обеспечения соответствующей концентрации аэрозоля с частицами соответствующего размера (см. С.6.3)

В.6.5.4 Система разбавления аэрозоля

В.6.5.5 Вещества для производства аэрозолей (см. С.6.4)

В.6.6 Ремонт

Устранение утечек допускается только по соглашению между заказчиком и исполнителем. При выборе способа ремонта следует учесть все указания заказчика и изготовителя фильтров.

При выборе материала для ремонта следует учесть возможное выделение загрязнений, в том числе молекулярных, и последующее осаждение их на продукт и оборудование.

Дефекты, обнаруженные в фильтрах, местах их герметизации или элементах крепления должны быть устранены.

Порядок ремонта фильтров или элементов крепления может быть согласован заказчиком и поставщиком.

После проведения ремонта и достаточной выдержки времени следует выполнить повторное сканирование.

В.6.7 Протокол испытаний

В дополнение к пунктам протокола испытаний, указанным в разделе 5, по соглашению между заказчиком и исполнителем, указываются следующие данные:

a) метод испытаний: с использованием фотометра аэрозолей или дискретного счетчика частиц;

b) тип используемого оборудования и данные об его калибровке;

c) особые условия и/или отклонения при применении метода испытаний, а также любые специфические особенности методики, согласованные заказчиком и исполнителем;

d) данные о концентрации частиц до фильтров с указанием точек отбора проб и времени их отбора;

e) скорость отбора проб, а в случае применения дискретных счетчиков частиц — пороговые размеры частиц;

f) среднее значение концентрации частиц до фильтров и данные о ее распределении;

g) рассчитанные критерии приемлемости для концентрации частиц после фильтров;

h) фактические концентрации частиц после каждого четко идентифицированного фильтра, данные о месте контроля;

i) если утечки не обнаружены — заключение о успешном завершении испытания; в случае, если обнаружена утечка — данные о ее нахождении, информация о ремонте и результаты повторного контроля;

j) если дефекты не обнаружены, то фильтры успешно прошли контроль; при наличии утечек следует документально указать местоположение каждой утечки, способ ремонта и результаты повторного контроля.

B.7 Определение направления потока воздуха, визуализация потока

B.7.1 Область применения

Целью проверки направления потока воздуха и визуализации потока является подтверждение того, что направление и однородность потока соответствует установленным требованиям, и если нужно пространственным и температурным характеристикам.

Примечание — В настоящем стандарте не рассматривается цифровое моделирование потоков воздуха.

B.7.2 Методы

Проверка направления и визуализация потока воздуха может выполняться следующими методами:

a) использованием нитей;

b) введением частиц;

c) построением распределения скоростей потоков воздуха.

В методах a) и b) используют для визуализации потоков воздуха нити или видимые частицы.

Нити или частицы перемещаются по направлению потоков воздуха, и полученная картина снимается фотоаппаратом или кинокамерой. Нити и частицы не должны быть причиной загрязнений.

Для получения частиц могут использоваться генератор аэрозолей, источник света высокой интенсивности.

Метод c) используется для демонстрации распределения скоростей потока воздуха в чистом помещении и основан на визуализации потока воздуха частицами при помощи моделирования с использованием компьютера.

При проведении испытаний следует принять меры предосторожности, чтобы исключить влияние персонала на потоки воздуха.

Примечание — Следует учесть, что на потоки воздуха могут влиять такие параметры, как перепад давления, скорость движения воздуха и температура.

B.7.3 Методы определение направления потока воздуха, визуализация потока

B.7.3.1 Метод использования нитей

Метод состоит в наблюдении за нитями (шелковыми нитями, отдельными нейлоновыми волокнами, флажками или тонкими лентами), которые крепятся к штырькам или точкам пересечения проволочной сетки, находящимся в потоке воздуха.

Это дает видимую картину направления потока воздуха и их изменения из-за турбулентности. Целесообразно использовать эффективную подсветку и видеозапись или фотографию полученной картины потоков воздуха. Для определения угла отклонения потока следует выполнить измерения в двух точках (например, на расстоянии от 0,5 до 2 м).

B.7.3.2 Метод введения частиц

Метод состоит в наблюдении за поведением частиц, которые вводятся в поток воздуха. Применение источников света с высокой интенсивностью светового потока позволяет определить направление и однородность потока воздуха. Трассирующие частицы могут быть получены из распыляемой деионизованной воды, спирта и пр. Источник частиц должен быть выбран так, чтобы исключить загрязнение воздуха и поверхностей чистого помещения.

При выборе метода распыления следует учесть требования к размеру частиц (капель). Он должен быть достаточным для визуализации потока воздуха выбранным методом, но не настолько большим, чтобы гравитация или иной эффект могли повлиять на их движение и искажение получаемой картины.

B.7.3.3 Визуализация потоков воздуха с помощью видеозаписи

Видеозапись картины визуализации потоков воздуха (B.7.3.2) позволяет получить количественные характеристики потоков (векторы скоростей) в двухмерном изображении. При этом используются цифровые камеры, передающими изображение на компьютеры с необходимыми интерфейсами и программным обеспечением. Для достижения большей пространственной разрешающей способности могут использоваться лазерные источники света и пр.

B.7.3.4 Визуализация потоков воздуха методом построения распределения скоростей

Распределение скоростей потоков воздуха может быть построено по нескольким точкам, в которых скорость определяется термоанемометром, ультразвуковым анемометром или другим прибором.

B.7.4 Оборудование для определения направления потока воздуха, визуализации потока

Выбор приборов и оборудования зависит от выбранного метода визуализации (C.7).

B.7.5 Протокол испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем и в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта в протоколе испытаний указывают следующее:

a) метод испытаний;

b) тип используемых приборов и данные об их калибровке;

c) точки, в которых проводится визуализация;

d) фотография или видеозапись картины визуализации или первичные данные измерения скоростей воздуха, если это предусмотрено;

e) план размещения приборов, используемых при визуализации;

f) состояние чистого помещения.

B.8 Измерение температуры

B.8.1 Область применения

Измерение температуры выполняется с целью проверки способности системы вентиляции и кондиционирования воздуха поддерживать значения температуры в определенной зоне в заданных пределах в течение времени, согласованного заказчиком и исполнителем.

Методы по B.8 частично заимствованы в IEST-PR-CC006.3 [15].

Предусматриваются два метода контроля:

- общий метод контроля (см. B.8.2.1), который относится к первичной проверке чистого помещения в построенном состоянии,
- специальный контроль (см. B.8.2.2), который может использоваться в оснащенном и эксплуатируемом состояниях.

Второй вид контроля выполняется в чистых помещениях с повышенными требованиями к точности поддержания температурного режима.

B.8.2 Методика измерения температуры

B.8.2.1 Обычные измерения температуры

Этот вид контроля выполняется после завершения контроля потоков воздуха, балансирования системы вентиляции и кондиционирования и стабилизации параметров ее функционирования.

Измерение температуры следует выполнять, как минимум, в одной точке в каждой температурной зоне. Измерения выполняются на высоте рабочего места.

Значение температуры записываются после стабилизации показаний датчика.

Порядок проведения измерений определяется с учетом назначения чистого помещения. Время измерений должно быть не менее 5 минут с записью значений через 1 мин.

B.8.2.2 Пространственные измерения температуры

Этот вид измерений выполняется при необходимости соблюдения повышенных требований к точности поддерживания температурного режима.

Контроль выполняется после работы системы вентиляции и кондиционирования, по крайней мере, в течение 1 ч, чтобы обеспечить стабилизацию ее работы.

Рабочую зону следует разделить на секторы равной площади. Зоны проведения контроля должны быть согласованы между заказчиком и исполнителем.

Измерения должны выполняться, как минимум, в двух точках.

Датчик температуры должен располагаться на высоте рабочего места на расстоянии не менее 300 мм от потолка, стен и пола чистого помещения.

При определении места расположения датчика следует учесть близость источников тепла.

Значения температуры записываются после стабилизации показаний датчика.

Порядок проведения измерений определяется с учетом назначения чистого помещения. Время измерений должно быть не менее 5 мин, с запись значений через 1 мин.

B.8.3 Оборудование для измерения температуры

Точность датчика температуры должна соответствовать требованиям ИСО 7726. Для измерений могут использоваться:

a) термометры;

b) приборы с изменяющимся сопротивлением от температуры;

c) термисторы.

Разрешающая способность датчика должна быть не менее 1/5 абсолютной величины разности между номинальным значением температуры и наиболее удаленным значением температуры от номинального значения.

Датчик должен иметь действующий сертификат калибровки.

B.8.4 Протокол испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем и в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта в протоколе испытаний указывают следующее:

a) методы и условия испытаний;

b) данные об используемых приборах и их калибровке;

c) виды испытаний (контроля) и условия проведения испытаний;

d) точки расположения приборов;

e) состояние чистого помещения.

B.9 Измерение влажности

B.9.1 Область применения

Контроль влажности выполняется с целью проверки способности системы вентиляции и кондиционирования воздуха поддерживать значения влажности воздуха (выраженной в виде относительной влажности или точке росы) в заданных пределах в течение времени, согласованного заказчиком и исполнителем в пределах определенной зоны.

Метод по B.9 частично заимствован в IEST-PR-CC006.3 [15].

B.9.2 Методика измерения влажности

Этот вид испытаний выполняется после завершения испытаний потоков воздуха, балансирования системы вентиляции и кондиционирования и стабилизации параметров ее функционирования.

Измерение влажности следует выполнять, как минимум, в одной точке в каждой зоне с заданными требованиями к влажности.

Значения влажности записываются после стабилизации показаний датчика.

Измерения следует проводить, как минимум, в течение 5 мин. Периодичность измерений и время их выполнения согласовываются заказчиком и исполнителем.

Точки измерения влажности и периодичность измерений должна быть согласована между заказчиком и исполнителем.

Измерения влажности следует выполнять одновременно с измерением температуры.

B.9.3 Оборудование для измерения влажности

Точность датчика влажности должна соответствовать требованиям ИСО 7726. Наиболее широко используются:

a) датчики влажности с тонкой диэлектрической пленкой;

b) датчики точки росы.

Разрешающая способность датчика должна быть не менее 1/5 абсолютной величины разности между номинальным значением влажности и наиболее удаленным значением влажности от номинального значения.

Датчик должен иметь действующий сертификат калибровки.

B.9.4 Протокол испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем и в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта в протоколе испытаний указывают следующее:

a) методы и условия испытаний;

b) данные об используемых приборах и их калибровке;

c) температуру;

d) первичные данные (результаты каждого измерения);

e) состояние чистого помещения.

B.10 Измерение статического электричества и генерации ионов

B.10.1 Область применения

При измерении статического электричества определяется уровень статического напряжения на различных поверхностях (рабочие места, продукт и пр.) и скорость потери напряжения поверхностями пола, рабочих мест и пр. Способность сохранять и рассеивать статическое электричество оценивается по поверхностному сопротивлению и сопротивлению утечки поверхностей. Проверка генерации ионов выполняется с целью оценки работы генераторов ионов путем измерения времени разряда первоначально заряженных пластин и путем определения напряжения смещения изолированных контрольных пластин. Результат каждого измерения показывает эффективность устранения (или нейтрализации) статического заряда и дисбаланса между положительными и отрицательными генерированными ионами.

B.10.2 Методика измерения статического электричества и генерации ионов

B.10.2.1 Методика измерения статического электричества

B.10.2.1.1 Измерение статического напряжения на поверхности

Присутствие положительных или отрицательных электрических зарядов на поверхностях измеряется электростатическим вольтметром или измерителем поля.

Показания статического вольтметра или измерителя поля устанавливаются на нуль при направлении пробника на заземленную металлическую пластину. Пробник следует держать таким образом, чтобы измерительная диафрагма была параллельна пластине и находилась на расстоянии, установленном в инструкции изготовителя. Металлическая пластина, используемая для установки нуля, должна иметь площадь, достаточную для требуемого размера диафрагмы пробника и расстояния между пробником и поверхностью.

Для измерения статического электричества следует расположить пробник возле поверхности объекта, заряд на которой измеряется. Пробник следует располагать так же, как и при установке нуля. Для получения достоверных данных поверхность объекта должна быть достаточно большой по сравнению с размером апертуры пробника и расстоянием от пробника до поверхности.

Показания электростатического вольтметра записываются.

Точка измерений или объект измерения согласовываются заказчиком и исполнителем.

B.10.2.1.2 Определение способности рассеивать статическое электричество

Способность рассеивать статическое электричество оценивается путем измерения поверхностного сопротивления (сопротивления между разными точками на поверхности) и сопротивления утечки (сопротивления между поверхностью и землей). Рассеивание измеряется при помощи высокоомного омметра.

Поверхностное сопротивление или сопротивление утечки измеряется с помощью электродов, имеющих необходимый вес и размеры. Эти электроды следует располагать на должном расстоянии от поверхности во время выполнения измерений.

Специальные требования к выполнению измерений согласовываются заказчиком и исполнителем.

B.10.2.2 Методика измерения генерации ионов

B.10.2.2.1 Общие положения

Данный вид испытаний выполняется с целью определения характеристик генераторов ионов обоих знаков. Испытание состоит в измерении времени разряда и напряжения смещения. Измерение времени разряда выполняется для оценки эффективности устранения статического заряда при использовании генератора ионов. Измерение напряжения смещения выполняется для оценки дисбаланса положительных и отрицательных ионов в потоке воздуха, ионизированном генераторами ионов. Этот дисбаланс может привести к нежелательному остаточному напряжению.

Для проведения измерений нужны токопроводящие контрольные пластины, электростатический вольтметр, таймер и источник питания. Иногда устройство, включающее в себя эти части, называют регистратором заряда пластины.

B.10.2.2.2 Измерение времени разряда

Измерения выполняются при помощи контрольных пластин (изолированные проводящие пластины) с известной емкостью (например, 20 пФ). В начале испытаний контрольные пластины заряжаются до известного положительного или отрицательного напряжения от источника питания.

Измеряются изменения статического заряда пластин при их нахождении в потоке воздуха, ионизованного генераторами ионов обеих полярностей. Изменение напряжения на пластинах с течением времени определяется при помощи электростатического вольтметра и таймера.

Время разряда определяется как время, необходимое для того, чтобы статическое напряжение на пластине уменьшилось до 10% начального значения.

Время разряда определяется как для положительно, так и для отрицательно заряженных пластин.

Расположение контрольных точек и критерии приемлемости согласовываются заказчиком и исполнителем.

B.10.2.2.3 Измерение напряжения смещения

Измерение напряжения смещения выполняется при помощи аналогичной контрольной пластины, установленной на изолятор. Заряд изолированной пластины измеряется электростатическим вольтметром.

Перед проведением измерений пластина должна быть заземлена, чтобы снять остаточный заряд. Следует убедиться, что напряжение на пластине равно нулю.

Измерение напряжения смещения проводится при помещении пластины в ионизованный поток воздуха, после того как показания вольтметра станут стабильными.

Допустимое значение напряжения смещения, вызванное генераторами ионов, зависит от чувствительности к статическому электричеству предметов, находящихся в рабочей зоне. Допустимое значение напряжения смещения следует установить в соглашении между заказчиком и исполнителем.

B.10.3 Оборудование для контроля статического электричества и генерации ионов

При проведении контроля статического электричества используются:

a) электростатический вольтметр или измеритель электростатического поля для измерения поверхностного напряжения,

b) высокоомный омметр для измерения способности сохранять и рассеивать статическое электричество.

При контроле генерации ионов используются:

c) электростатический вольтметр или измеритель электростатического поля и проводящие контрольные пластины или регистратор заряда пластин.

B.10.4 Протокол испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем и в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта в протоколе испытаний указывают следующее:

a) метод и условия испытаний;

b) данные об используемых приборах и их калибровке;

c) температуру, влажность и другие параметры окружающей среды;

d) точки проведения измерений;

e) состояние чистого помещения;

f) другие данные, относящиеся к испытаниям.

B.11 Контроль осаждения частиц

B.11.1 Общие положения

Данный метод предусматривает определение числа частиц с оценкой их размеров, которые могут осесть на продукты или на поверхности, находящиеся в чистом помещении. Осевшие частицы собираются на пластины с характеристиками, аналогичными тем, которые имеют критические поверхности. Определение числа и размеров этих частиц выполняется при помощи оптического или электронного микроскопов или сканирующих поверхности проборов. Для получения данных об интенсивности осаждения может использоваться фотометр для осажденных частиц (седиментометр). В протоколе указывают данные о массе или числе осевших частиц на единицу поверхности в единицу времени.

B.11.2 Методика исследования осаждения частиц

B.11.2.1 Сбор частиц на контрольные пластины

Контрольная пластина должна быть помещена в плоскости критической поверхности. Электрический потенциал контрольной пластины и контролируемой поверхности должен быть одинаковым. Работа с контрольной пластиной включает в себя следующие этапы:

a) проверку правильности функционирования чистого помещения;

b) проверку каждой пластины и очистку с целью уменьшения числа частиц на ее поверхности до минимально возможного уровня; определение фоновой концентрации каждой пластины;

c) 10 % пластин следует использовать в качестве фоновых (пластин сравнения); работа с этими пластинами должна проводиться в таком же порядке, что и с контрольными пластинами, но они не подлежат экспонированию;

d) перемещение всех контрольных пластин в контрольные точки с соблюдением мер предосторожности от загрязнения поверхностей пластин;

e) экспонирование контрольных пластин в течение интервала времени до 48 ч в зависимости от типа чистого помещения, особенностей его эксплуатации и используемых приборов для счета частиц. При необходимости время экспонирования может изменяться так, чтобы получить число частиц, осажденных на поверхность пластин, достаточное для получения статистически представительных данных в соответствии с требованиями заказчика;

f) сбор экспонированных пластин (в обратном порядке) и обеспечение их хранения в закрытых контейнерах так, чтобы предохранить их от дальнейшего загрязнения.

B.11.2.2 Определение числа и размера собранных частиц

Число и размеры частиц, осажденных на контрольные пластины, определяется для получения воспроизводимых данных, которые могут использоваться для оценки чистоты контролируемой зоны.

При работе с оптическим микроскопом для оценки размера частиц может использоваться калиброванная линейная или круговая координатная сетка. При работе с электронным микроскопом может использоваться калиброванная сетка (решетка) с известным линейным расстоянием, чтобы установить соотношение между воображаемым и реальным размерами. При использовании сканирующего прибора следует использовать инструкцию изготовителя в отношении калибровки размеров. Данные о числе частиц, полученные при анализе какой-либо части пластины, могут экстраполироваться на всю площадь пластины (статистический счет). Экстраполирование может выполняться в соответствии с [4].

a) Определяют число и размеры на всех контрольных пластинах, включая фоновые пластины. Сортируют частицы по размерам (диаметрам) на всех пластинах и строят их распределение по размерам;

b) Определяют концентрацию D осевших частиц на каждой пластине по формуле:

$$D = \frac{N_t - N_b}{A_w}, \qquad \text{(B.11)}$$

где N_t — суммарная концентрация частиц на контрольной пластине;

N_b — число частиц, размером не менее определенного минимального размера, на контрольной пластине после ее подготовки к работе до экспонирования в чистом помещении (для определения фоновой концентрации частиц);

A_w — площадь контрольной пластины, см^2.

c) Определяют среднюю концентрацию частиц на контрольной пластине;

d) Определяют прирост поверхностной концентрации частиц при экспонировании вычитанием фоновой концентрации частиц из суммарной концентрации частиц на пластине после экспонирования. Делят прирост концентрации частиц на время экспонирования. Результатом является интенсивность осаждения частиц, выраженная числом осевших частиц на 1 см^2 поверхности в единицу времени;

e) Записывают среднее значение интенсивности осаждения частиц и ее стандартное отклонение.

B.11.3 Оборудование для исследования осаждения частиц

B.11.3.1 Выбор материала для демонстрационной пластины

В зависимости от определяемого размера частиц и используемых приборов могут использоваться следующие материалы:

a) микропористые мембранные фильтры;

b) двусторонняя адгезирующая лента;

c) чашки Петри;

d) чашки Петри с полимерным покрытием контрастного цвета (черного), например, полиэфирная смола;

e) фотопленка (пластины);

f) пластины для микроскопа (гладкие или с напылением металлической пленки);

g) стеклянные или металлические зеркальные пластины;

h) заготовки полупроводниковых пластин;

i) шаблон для фотолитографии.

Контрольные пластины должны быть достаточно гладкими, чтобы обеспечить четкое различение частиц, осевших на пластины. Используемые приборы должны иметь достаточную разрешающую способность, чтобы обеспечить счет частиц наименьших размеров согласно установленным требованиям.

B.11.3.2 Дополнительное оборудование

Для определения числа и размеров частиц, осевших на пластины, могут применяться различные приборы, которые могут быть разделены на четыре группы [25], [28]:

a) оптические микроскопы (для частиц не менее 2 мкм);

b) электронные микроскопы (для частиц не менее 0,02 мкм);

c) приборы для сканирования поверхности — сканеры (для частиц не менее 0,1 мкм);

d) фотометр для осажденных частиц (седиментометр), если загрязнение поверхности, превышает 1 % ее площади.

При выборе приборов следует обратить внимание на их способность обнаруживать частицы установленных размеров. Следует также учесть и другие факторы, например время, необходимое для отбора и анализа пробы и время. Приборы должны иметь действующий сертификат калибровки.

B.11.4 Протокол испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем и в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта в протокол испытаний включается следующая информация:

a) метод и условия испытаний;

b) данные об используемых приборах и их калибровке;

c) виды испытаний (контроля) и условия проведения испытаний;

d) точки проведения измерений;

e) состояние чистого помещения.

B.12 Определение времени восстановления

B.12.1 Общие положения

Испытание выполняется для оценки способности чистого помещения эффективно удалять взвешенные в воздухе частицы. Восстановление чистоты воздуха после повышения концентрации частиц является одним из наиболее важных свойств чистого помещения. Испытание выполняется только для чистых помещений с неоднонаправленным потоком воздуха, поскольку способность восстанавливать чистоту зависит от кратности воздухообмена, расположения мест притока и вытяжки воздуха, выделений тепла и характера распределения воздуха.

Испытание выполняется в построенном или оснащенном состояниях чистого помещения.

Данное испытание не рекомендуется проводить для помещений класса 8 ИСО и класса 9 ИСО.

При использовании искусственно генерируемых аэрозолей следует избегать осаждения частиц на поверхностях в чистом помещении.

B.12.2 Определение времени восстановления

Способность чистого помещения восстанавливать класс чистоты оценивается по скорости уменьшения концентрации частиц или времени снижения концентрации частиц в 100 раз после введения загрязнений в чистое помещение.

Оба этих показателя могут быть определены по кривой снижения концентрации частиц.

На оси ординат откладываются значения концентрации частиц в логарифмическом масштабе, а время — на оси абсцисс в линейном масштабе.

Концентрация частиц не должна быть слишком большой, чтобы избежать неопределенности результатов.

Примечание — Рекомендуется проводить экспериментальную оценку соотношения 100:1.

B.12.3 Методика определения времени восстановления

B.12.3.1 Определение времени восстановления в соотношении 100:1

Непосредственное определение времени восстановления в соотношении 100:1 возможно, если может быть установлена начальная концентрация частиц не менее чем в 100 раз превышающая заданный уровень чистоты.

Следует принять меры предосторожности от ошибки совпадения и загрязнения оптической системы счетчика частиц. Перед началом работы следует определить концентрацию, необходимую для проведения испытания в соотношении 100:1. Если это значение превышает возможности счетчика частиц по критерию ошибки совпадения, то следует применить разбавитель для уменьшения концентрации частиц или вместо испытания на время восстановления в соотношении 100:1 провести испытание на интенсивность восстановления (см. B.12.3.2).

a) Устанавливают счетчик частиц в соответствии с инструкцией изготовителя и сертификатом калибровки.

b) Устанавливают пробоотборник счетчика в контрольную точку. Точки отбора проб и число отбираемых проб определяются соглашением между заказчиком и исполнителем.

c) Объем отбираемой пробы должен быть таким же, что и при определении класса чистоты. Время задержки счетчика от начала каждого счета до получения результатов должно быть установлено на величину не более 10 с.

d) Размер частиц должен быть менее 1 мкм. Рекомендуется использовать канал соответствующий максимальной концентрации частиц.

e) Контроль должен выполняться при работающей системе вентиляции и кондиционирования.

f) Увеличивают начальную концентрацию частиц так, чтобы она не менее чем в 100 раз превышала заданное значение для данного класса чистоты.

g) Начинают счет частиц с интервалом 1 мин. Отмечают время, при котором концентрация частиц будет в 100 раз превышать заданное значение для данного класса чистоты (t_{100n}).

h) Отмечают время t_n, когда концентрация частиц достигнет заданного значения для данного класса чистоты.

i) Время восстановления 100:1 должно быть равно $t_{0,01} = (t_n - t_{100n})$.

B.12.3.2 Определение скорости восстановления

Скорость восстановления может быть определена по наклону кривой концентрации частиц для требуемого класса чистоты (см. ИСО 14644-1):

a) Строят график снижения концентрации частиц на координатной сетке, на оси абсцисс которой отложено время, а на оси ординат — концентрация частиц в логарифмическом масштабе;

b) Скорость восстановления определяется по наклону кривой.

Скорость восстановления между двумя точками измерений рассчитывают по формуле

$$n = -2{,}3\,\frac{1}{t_1}\log_{10}\left(\frac{C_1}{C_0}\right), \qquad \text{(B.12)}$$

где n — скорость восстановления чистоты;

t_1 — время, прошедшее между первым и вторым измерениями;

C_0 — начальная концентрация;

$C_1 = C_0 \exp(-n\,t_1)$ — концентрация в момент времени t_1.

Следует получить среднее значение результатов измерений (от пяти до десяти измерений).

Соотношение скорости восстановления и времени восстановления 100:1 описывает формула

$$n = -2{,}3\,\frac{1}{t_{0,01}}\log_{10}\left(\frac{1}{100}\right) = -2{,}3\,\frac{1}{t_{0,01}}(-2) = 4{,}6\,\frac{1}{t_{0,01}}. \qquad \text{(B.13)}$$

B.12.4 Используемое оборудование

B.12.4.1 Генератор аэрозолей и аэрозоль, которые имеют такие же характеристики, как в B.6.

B.12.4.2 Дискретный счетчик частиц, имеющий эффективность, согласно C.1 и C.6 (приложение C).

B12.4.3 Система разбавления (при необходимости) по C.12.3 (приложение C).

B.12.5 Протокол испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем и в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта в протоколе испытаний указывают следующее:

a) тип каждого прибора с указанием данных о калибровке;

b) число и расположение контрольных точек;

c) состояние чистого помещения.

B.13 Испытание герметичности ограждающих конструкций

B.13.1 Общие положения

Испытание герметичности ограждающих конструкций выполняется для того, чтобы обнаружить возможное проникание загрязненного воздуха в чистые зоны из окружающих помещений с тем же или отличающимся уровнем давления воздуха.

B.13.2 Методики испытания герметичности ограждающих конструкций

B.13.2.1 Испытание с использованием дискретного счетчика частиц

Следует определить концентрацию частиц в воздухе за пределами чистого помещения непосредственно вблизи поверхности или двери, которые являются предметом испытания. Концентрация должна быть не менее концентрации частиц в чистом помещении в 10^3 раз и составлять, по крайней мере $3{,}5 \cdot 10^6$ частиц/м^3 для частиц заданных размеров. Если концентрация частиц не менее установленного значения, то следует использовать генератор аэрозолей для достижения требуемого уровня загрязнений.

Для определения утечек внутрь чистого помещения сквозь соединения или щели следует сканировать ограждающие конструкции изнутри чистого помещения на расстоянии не более 5 см от места соединения, герметизации или границы между поверхностями со скоростью сканирования примерно 5 см/с.

Чтобы проверить проникание загрязненного воздуха через открытую дверь, рекомендуется применить методы визуализации.

Следует занести в протокол и оформить все значения концентрации частиц, превышающие в 10^2 раз первоначальную концентрацию частиц в чистом помещении, для заданных размеров частиц.

Примечание — Расположение и число контрольных точек определяются соглашением между заказчиком и исполнителем.

B.13.2.2 Использование фотометра

Следует создать концентрацию загрязнений в воздухе за пределами чистого помещения или оборудования в соответствии с B.6.2.1 до уровня, превышающего максимальное показание на шкале фотометра 0,1 %.

Утечка имеет место, если показание фотометра при установленной шкале 0,1 % превышает 0,01 %.

Для определения утечек внутрь чистого помещения сквозь соединения или щели следует сканировать ограждающие конструкции изнутри чистого помещения на расстоянии не более 5 см от места соединения, герметизации или границы между поверхностями со скоростью сканирования примерно 5 см/с.

Чтобы проверить проникание загрязненного воздуха через открытую дверь, следует определить концентрацию частиц в воздухе на расстоянии от 0,3 до 1,0 м от открытой двери.

Следует документально оформить все значения, превышающие 0,01 % по шкале фотометра.

B.13.3 Оборудование для испытания герметичности ограждающих конструкций

При испытании герметичности применяется следующее оборудование.

B.13.3.1 Источник искусственных аэрозолей согласно B.6.5.

B.13.3.2 Счетчик частиц согласно C.1 (приложение C) или фотометр согласно C.6.1 (приложение C), которые имеют минимальный пороговый размер частиц не более 0,5 мкм;

Приборы должны иметь действующий сертификат калибровки.

B.13.4 Протокол испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем и в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта в протоколе испытаний указывают следующее:

a) тип приборов и данные об их калибровке;

b) метод сбора данных;

c) расположение контрольных точек;

d) состояние чистого помещения.

Приложение С
(справочное)

Оборудование для проведения испытаний

В настоящем приложении установлены требования к из мерительному оборудованию, которое применяется при использовании рекомендованных методов, приведенных в настоящем стандарте.

В таблицах С.1 — С.29 приведены минимально необходимые требования для каждого вида оборудования. Все виды оборудования перечислены и пронумерованы в соответствии с приложением В, т.е. прибор под номером С.1 используется в методе испытаний (контроля), описанном в В.1. Лица, ответственные за планирование испытаний, могут обратиться к приложению А, в котором приведены рекомендуемые методы, средства измерений и последовательность испытаний, а затем к приложению С, где указано оборудование, необходимое для этих испытаний. Измерительное оборудование должно быть выбрано в соответствии с соглашением между заказчиком и исполнителем.

Это приложение является справочным и не должно препятствовать использованию улучшенных видов оборудования, если таковые имеются. Альтернативные виды измерительного оборудования могут быть использованы по соглашению между заказчиком и исполнителем.

С.1 Определение концентрации аэрозольных частиц при классификации и аттестации

С.1.1 Дискретный счетчик частиц, в основе работы которого лежит принцип рассеяния света — это прибор, позволяющий проводить счет отдельных взвешенных в воздухе частиц, определять их размер и выдавать данные о размере частиц, под которым понимается эквивалентный оптический диаметр.

Таблица С.1 — Требования к параметрам дискретного счетчика частиц, работающего на принципе светорассеяния

Параметр	Значение/характеристика
Чувствительность/разрешение, мкм	От 0,1 до 5 с разрешением размера не более 10 %
Ошибка счета погрешность, %	± 20 значения концентрации частиц
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Эффективность счета, %	(50 ± 20) при минимальном пороговом размере и (100 ± 10) для частиц, размер которых не менее чем в 1,5 раза превышает минимальный пороговый размер
Нижний предел концентрации	Частота ложных срабатываний счетчика незначительна по сравнению с действительно ожидаемой минимальной скоростью счета. Низкая скорость счета должна быть равна нулю частиц за определенное время (например, ни одной частицы за 5 мин.)
Верхний предел концентрации	В два раза больше, чем предельная концентрация для данного класса чистоты чистого помещения, но не превышает 75 % максимальной концентрации, рекомендованной изготовителем
Если счетчик имеет разрешение размера частицы более 10 %, то это может привести к изменению значения счета частиц на порядок.	

С.2 Определение концентрации ультрамелких аэрозольных частиц

С.2.1 Счетчик ядер конденсации — дискретный счетчик частиц, который считает все капельки, образуемые при конденсации пересыщенного пара на частицах пробы. Измеряется суммарная концентрация всех частиц, размеры которых не менее минимального размера, определяемого чувствительностью счетчика.

Таблица С.2 — Требования к счетчику ядер конденсации

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, $м^3$	Концентрация до $3,5 \cdot 10^9$
Чувствительность/разрешение, мкм	Зависит от применения; например 0,02
Ошибка счета погрешность ,%	± 20 при минимальном пороговом размере

Окончание таблицы С.2

Параметр	Значение/характеристика
Стабильность счета	Может зависеть от типа окружающего газа
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Нижний предел по концентрации	Частота ложных срабатываний счетчика незначительна по сравнению с действительно ожидаемой минимальной скоростью счета
Примечание — Эффективность счета приведена на рисунке В.1.	

С.2.2 Дискретный счетчик частиц — прибор, позволяющий определять размер и проводить счет отдельных аэрозольных частиц с учетом их размера, включая те, которые определены как ультрамелкие.

Таблица С.3 — Требования к дискретному счетчику частиц

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, $м^3$	Концентрация частиц до $3,5 \cdot 10^7$
Чувствительность/разрешение, мкм	Меньше чем 0,1 с разрешением размера ≤10 %
Ошибка счета погрешность, %	± 20 величины концентрации
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Эффективность счета, %	(50 ± 20) при минимальном пороговом размере и (100 ± 10) для частиц, размер которых не менее чем в 1,5 раза превышает минимальный пороговый размер
Примечание — Эффективность счета приведена на рисунке В.1.	

С.2.3 Устройство, ограничивающее пропускание мелких частиц — устройство, через которое проходит проба воздуха, и которое прикрепляется к входному отверстию пробоотборника счетчика ультрамелких частиц. Оно устраняет частицы с размерами, меньшими заданного. Примером таких устройств являются секции диффузионных батарей и виртуальный импактор.

Таблица С.4 — Требования к устройству, ограничивающему пропускание мелких частиц

Параметр	Значение/характеристика
Ошибка счета погрешность, %	Удаляется (50 ± 10) частиц установленного размера
Периодичность калибровки, мес	Различная для разных типов устройств, но не менее 12
Скорость пробоотбора, %	Скорость потока через устройство должна быть постоянной ± 10, и при этом не менее скорости, требуемой для счетчика частиц

С.3 Определение концентрации аэрозольных макрочастиц

С.3.1 Микроскоп для счета частиц, собранных на фильтровальной бумаге (см. ASTM F312 [4]).

С.3.2 Каскадный импактор — установка для сбора и накопления частиц, в которой поток пробы воздуха проходит с постоянной скоростью через ряд отверстий, уменьшающихся диаметров, и попадает на накопительные поверхности. С увеличением скорости потока через каждую ступень каскада уменьшается размер частиц, собираемых на накопительных поверхностях для их последующего счета или взвешивания.

Таблица С.5 — Характеристика для каскадного импактора

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений	Скорость отбора проб должна быть заданной
Чувствительность/разрешение	Субмикронные частицы могут быть накоплены при низком давлении
Точность, %	Точность ограничения размера на каждой ступени каскада не менее 90

Окончание таблицы С.5

Параметр	Значение/характеристика
Линейность	Осаждается значительное число частиц с размерами значительно отличающимися от установленного
Стабильность	Размер частиц с 50 %-ным пропусканием зависит от скорости отбора проб
Постоянная времени	Минуты или дни (в зависимости метода измерения)
Периодичность калибровки, мес	Не более 12

С.3.3 Дискретный счетчик макрочастиц — дискретный счетчик частиц, позволяющий измерять размер и проводить счет (если это необходимо) отдельных взвешенных в воздухе макрочастиц.

Таблица С.6 — Требования к дискретному счетчику макрочастиц

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, $м^3$	Концентрация не более $1{,}0 \cdot 10^6$
Чувствительность/разрешение, мкм	От 5 до 80 с разрешением 20 %
Ошибка погрешность,%	Погрешность определения размера ± 5
Линейность	Изменятся в зависимости от состава и формы частиц
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Эффективность счета, %	(50 ± 20) при минимальном пороговом размере и (100 ± 10) для частиц, размер которых не менее чем в 1,5 раза превышает минимальный пороговый размер

С.3.4 Времяпролетный счетчик частиц — прибор, позволяющий производить счет дискретных частиц и определять их размер. Определение аэродинамического диаметра частиц происходит путем измерения времени, необходимого частице для изменения своей скорости в ответ на изменение скорости воздуха. Это обычно происходит путем измерения оптическими средствами времени пролета частицы после изменения скорости потока воздуха.

Таблица С.7 — Требования к времяпролетному счетчику частиц

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, $м^3$	Концентрация частиц не более $1{,}0 \cdot 10^7$
Чувствительность/разрешение, мкм	От 0,5 до 20 с 10 %-ным разрешением
Ошибка погрешность ,%	± 5 калиброванного размера
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Эффективность счета, %	(50 ± 20) при минимальном пороговом размере и (100 ± 10) для частиц, размер которых не менее чем в 1,5 раза превышает минимальный пороговый размер

С.3.5 Каскадный импактор с пьезоэлектрическим взвешиванием — установка для сбора и накопления частиц, в которой поток пробы воздуха проходит с постоянной скоростью через ряд отверстий, уменьшающихся диаметров, и попадает на накопительные поверхности, масса которых на каждой ступени каскада измеряется в процессе накопления с помощью пьезоэлектрических кварцевых датчиков микровесов.

Таблица С.8 — Требования к каскадному импактору с пьезоэлектрическим взвешиванием

Параметр	Значение/характеристика
Чувствительность/разрешение, мкм	Частицы размером от 5 до 50 могут быть накоплены при низких давлениях
Линейность	Осаждается значительное количество частиц с размерами значительно большими и меньшими, чем заданный

Окончание таблицы С.8

Параметр	Значение/характеристика
Стабильность	Размер частиц, пропускаемых каждой ступеней каскада, изменяется в зависимости от скорости отбора проб
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Минимальная чувствительность накопления частиц, мкг/м^3	10 — для частиц с удельной массой, равной двум

С.4 Контроль потока воздуха

С.4.1 Измерение скорости воздуха

С.4.1.1 Термоанемометр — определяет скорость воздуха путем измерения изменения теплопередачи маленького электрически нагреваемого датчика, помещенного в воздушный поток.

Таблица С.9 — Требования к термоанемометру

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, м/с	От 0,1 до 1,0 в системах чистого воздуха, от 0,5 до 20 в воздуховодах
Чувствительность/разрешение, м/с	0,05 (или как минимум 1 % полной шкалы)
Погрешность, %	± 5 значения + 0,1 м/с
Время отклика, с	Меньше 1 при 90 % от полной шкалы
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Чувствительность и точность — (см. ИСО 7726). Характеристики прибора должны быть скорректированы при изменении температуры и атмосферного давления.	

С.4.1.2 Трехмерный ультразвуковой анемометр или эквивалентный — определяет скорость звука путем измерения сдвига частоты звука (изменения скорости звука) между выбранными точками в контролируемом потоке воздуха.

Таблица С.10 — Требования к трехмерному ультразвуковому анемометру

Параметр	Значение/характеристика
Пределы / диапазон измерений, м/с	От 0 до 1 в системе чистого воздуха
Чувствительность/разрешение, м/с	0,01
Погрешность, %	+ 5 от полученного значения
Постоянная времени, с	Менее 1
Периодичность калибровки, мес	Не более 12

С.4.1.3 Крыльчатый анемометр — определяет скорость воздуха путем измерения скорости вращения крыльчатки анемометра.

Таблица С.11 — Требования к крыльчатому анемометру

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, м/с	От 0,2 до 1,0
Чувствительность/разрешение, м/с	0,1
Погрешность, %	0,2 м/с или ± 5% (берется большее значение)
Постоянная времени, с	Менее 10 при 90 % полной шкалы
Периодичность калибровки, мес	Не более 12

С.4.1.4 Трубка Пито и манометр (цифровой) — измеряет скорость звука путем измерения разности полного и статического давления в определенной точке воздушного потока с помощью электрического цифрового манометра.

Таблица С.12 — Требования к трубке Пито и манометру

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, м/с	Не менее 1,5
Чувствительность/разрешение, м/с	0,5
Погрешность, %	± 5 полученного значения
Постоянная времени, с	Менее 10 при 90 % полной шкалы
Периодичность калибровки, мес	Не более 12

С.4.2 Измерители потока воздуха

С.4.2.1 Расходомер с раструбом — применяется для измерения суммарного расхода воздуха через сечение, где скорость потока может варьироваться. Весь воздушный поток собирается и распределяется в точке измерений таким образом, что скорость в этой точке соответствует средней скорости по поперечному сечению.

Таблица С.13 — Требования к расходомеру с раструбом

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, $м^3$/час	От 50 до по крайней мере 1700
Погрешность, %	± 5 значения
Постоянная времени, с	Менее 10 при 90 % полной шкалы
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Пределы измерений и разрешение зависят от размеров используемого кожуха.	

С.4.2.2 Измерение отверстий — в соответствии с ИСО 5167-2 [20].

С.4.2.3 Трубка Вентури — в соответствии с ИСО 5167-4 [22].

С.5 Измерение перепада давления

С.5.1 Электронный микроманометр — используется для определения разности давлений путем измерения изменения электростатической емкости или электронного сопротивления, отражающих перемещение диафрагмы.

Таблица С.14 — Требования к электронному микроманометру

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений	От 0 до 100 Па для типичного малого диапазона; От 0 до 100 кПа для типичного большого диапазона
Чувствительность/разрешение	1 ± 0,1, от 0 до 100
Погрешность, %	± 1,5 полной шкалы для диапазона от 0 до 100 Па, ± 1 от полной шкалы для диапазона от 0 до 100 кПа

С.5.2 Наклонный манометр — используется для определения разности давлений между двумя точками путем визуального считывания показаний наклонной шкалы, отражающей высоту гидростатического напора в трубке манометра, заполненной такими жидкостями как вода или спирт.

Таблица С.15 — Требования к наклонному манометру

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений	От 0 до 0,3 кПа или от 0 до 1,5 Па
Чувствительность, Па	1 Па для диапазона от 0 до 0,3 кПа
Погрешность, %	± 3 для диапазона от 0 до 0,3 кПа
Амплитуда шкалы	От 2 до 10 для диапазона от 0 до 0,3 кПа

С.5.3 Механический датчик перепада давления — используется для определения разности давлений в двух точках путем измерения величины передвижения стрелки, соединенной механическим или магнитным приводом с диафрагмой и отражающей ее перемещение.

Таблица С.16 — Требования к механическому датчику перепада давления

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений	От 0 до 50 Па для типичного малого диапазона От 0 до 50 кПа для типичного большого диапазона
Чувствительность/разрешение, Па	0,5 для диапазона от 0 до 50
Погрешность, %	± 5 от полной шкалы для диапазона от 0 до 50 Па, ± 2,5 от полной шкалы для диапазона от 0 до 50 кПа

С.6 Контроль целостности установленной системы фильтрации

С.6.1 Фотометры аэрозолей

С.6.1.1 Линейный фотометр аэрозолей — прибор, использующийся для измерения массовой концентрации аэрозоля в мг/л. Фотометр работает на принципе рассеяния вперед. Прибор может быть использован для прямых измерений нарушения целостности фильтра.

Таблица С.17 — Характеристика для линейного фотометра аэрозолей

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, мкг/л:	От 0,001 до 100
Чувствительность/разрешение, мкг/л	0,001
Погрешность, %	± 5
Линейность, %	± 0,5
Стабильность, мкг/л в минуту	± 0,002
Постоянная времени	От 0 до 90 % при испытании не более 30 с, от 100 мкг/л до 10 г/л при испытании не более 60 с
Периодичность калибровки	12 мес или после 400 часов работы, в зависимости от того, что произойдет раньше
Длина трубки пробоотборника, м	Не более 4
Индикация	Цифровая или аналоговая
Размер частиц	Превышает диапазон измерений от 0,1 до 0,6 мкм
Расход воздуха при отборе проб, л/мин	28 ± 3
Минимальный размер для испытаний, мм	4,8 в диаметре
Размеры пробоотборника	По В.6.2.3

С.6.1.2 Логарифмический фотометр аэрозолей — прибор, используемый для измерения массовой концентрации аэрозоля в мкг/л. Фотометр работает на принципе рассеяния вперед. Прибор не может быть использован для прямых измерений нарушения целостности фильтра.

Таблица С.18 — Характеристика для логарифмического фотометра аэрозолей

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, мкг/л	От 0,01 до 100
Чувствительность/разрешение, мкг/л	0,001

Окончание таблицы С. 18

Параметр	Значение/характеристика
Погрешность, %	± 5
Стабильность, мкг/л в минуту	± 0,002
Постоянная времени	От 0 % до 90 % при испытании не более 60 с, от 100 мкг/л до 10 г/л при испытании не более 90 с
Периодичность калибровки, мес	Через 12 месяцев или после 400 часов работы, в зависимости оттого, что произойдет раньше
Длина трубки пробоотборника, м	Не более 4
Размер частиц	От 0,1 до 0,6 мкм превышает диапазон измерений
Расход воздуха при отборе проб	Номинальный расход ± 15 %
Размеры пробоотборника	По В.6.2.3

С.6.2 Дискретный счетчик частиц — в соответствии с С.1.1.

С.6.3 Генератор аэрозолей — может генерировать частицы с размерами, лежащими в установленном диапазоне (например, от 0,05 до 2 мкм), с постоянной концентрацией за счет теплового, гидравлического, пневматического, акустического и электростатического эффектов.

С.6.4 Вещества для генерирования контрольных аэрозолей — инертные вещества для распыления в виде аэрозоля, в жидкой или твердой фазе.

Используют, наиболее типичные, следующие вещества:

a) Поли-альфа-олефиновое (poly-alpha olefin — PAO) масло[1)], 4 сантистокса (например, CAS # 68649-12-7[2)])

b) Диоктилсебацинат (dioctyl sebacate — DOS).

c) Ди-2-этилгексилсебацинат (di-2-ethyl hexyl sebacate — DEHS).

d) Диоктил(2-этилгексил)фталат (dioctyl (2-ethyl hexyl) phtalat — DOP[3)]) (например, CAS # 117-81-7) .

e) Шелл Ондина — минеральное масло пищевого качества (например, CAS # 8042-47-5).

f) Парафиновое масло (например, CAS # 64742-46-7).

g) Полистириловый латекс (polystyrene latex — PSL).

С.6.5 Система разбавления — оборудование, в котором аэрозоль с целью уменьшения его концентрации смешивается с чистым воздухом в известном объемном соотношении (1:10, 1:100).

С.7 Определение направления потока воздуха, визуализация потока

С.7.1 Оборудование и материалы для определения направления потока воздуха и визуализации — приведено в таблицах С.19 и С.20.

Таблица С.19 — Материалы и частицы, используемые для визуализации воздушного потока

Материал или оборудование	Характеристика
Материалы, используемые в методе нитей	Шелковая нить, ткань и пр.
Частицы, используемые в методе введения частиц	Деионизованная вода или другое распыляемое вещество с диаметром частиц от 0,5 до 50 мкм
Устройства, записывающие картину визуализации потоков воздуха или трассирования частиц	Фотоаппараты, видеокамеры, в т. ч. имеющие высокоскоростные, стробоскопические или синхронизирующие функции и средства видеозаписи, используемые в методах визуализации
Примечание — После визуализации воздушного потока, как правило, требуется провести повторную чистку помещения.	

[1)] Патент США 5,059,349 [26] и 5,059,352 [27] содержится описание и ограничения на использование PAO для проверки фильтров.

[2)] CAS #, регистрационный номер в Chemical Abstract Service, т. е. вещество зарегистрировано в Chemical Abstract Американского Химического Общества [14].

[3)] В некоторых странах DOP для тестирования фильтров не применяется из соображений безопасности.

Таблица С.20 — Источники света для визуализации воздушного потока

Оборудование	Характеристика
Различные источники света для создания контрастной картины или визуализации потоков воздуха	Вольфрамовые, флуоресцентные, галогеновые, ртутные лампы, лазерные источники света (гелий-неоновые, на ионах аргона, аллюминиево-иттриевом гранате и пр.) со стробоскопическими устройствами для записи или без них
Устройства видеозаписи для количественной оценки при визуализации потоков	Метод записи лазерного луча на пластину, состоящий из лазера высокой мощности (аргонового или на аллюминиево-иттриевом гранате), оптические устройства с цилиндрическими линзами и контроллером для визуализации в двухмерном изображении

С.7.2 Термоанемометр — в соответствии с С.4.1.1.

С.7.3 Трехмерный ультразвуковой анемометр — в соответствии с С.4.1.2.

С.7.4 Генератор аэрозолей

Генератор аэрозолей для визуализации потока может быть таким же как описано С.6.3. Ниже приведены примеры генераторов частиц и ультразвуковых распылителей.

С.7.4.1 Ультразвуковой распылитель — прибор, используемый для генерирования аэрозолей (тумана), получаемых путем воздействия сфокусированной звуковой волны на жидкость (например, деионизованной воды), в результате чего образуются мелкие капельки.

Таблица С.21 — Требования к ультразвуковому распылителю

Параметр	Значение/характеристика
Диапазон размеров частиц (капелек), мкм	Например, от 6 до 9, или от 30 до 70[a)] (MMD)
Концентрация суспензии г/см^3 или мл/мин	От 70 г/см^3 до 150 г/см^3 или от 1 мл/мин до 6 мл/мин
[a)] Диапазон размеров зависит от частоты ультразвука, например при 1 МГц: от 6 мкм до 9 мкм.	

С.7.4.2 Генератор тумана — прибор, используемый для генерирования аэрозолей (тумана), получаемых за счет фазового перехода газ-жидкость при охлаждении пара кипящей жидкости.

Таблица С.22 — Требования к генератору тумана

Параметр	Значение/характеристика
Диапазон размеров частиц (капелек), мкм	От 1 до 10 (MMD)
Скорость генерации частиц, г/мин	От 1 до 25 включ.

С.8 Измерение температуры

С.8.1 Стеклянный термометр

С.8.2 Термометр

С.8.3 Измеритель температуры с термосопротивлениями

С.8.4 Термистор

С.9 Измерение влажности

С.9.1 Гигрометр емкостной

С.9.2 Гигрометр волосковый

С.9.3 Датчик точки росы

С.9.4 Психрометр

С.10 Измерение статического электричества и генерирования ионов

С.10.1 Электростатический вольтметр — прибор, используемый для измерения среднего напряжения (потенциала) на маленькой площадке путем измерения напряженности электрического поля на электроде внутри пробника через маленькую диафрагму в пробнике.

Таблица С.23 — Требования к прецизионному электростатическому вольтметру

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, кВ	От –3 до 3
Чувствительность/разрешение	Площадка диаметром 0,8 мм, 0,3 В (эффективное напряжение) или 2 В (р-р)
Погрешность, %	0,1
Постоянная времени, мс	Не более 4 (от 10 % до 90 %)
Периодичность калибровки, мес	Не более 12

Таблица С.24 — Требования к ручному электростатическому вольтметру или электростатическому измерителю поля

Параметр	Характеристика
Пределы/диапазон измерений, кВ/см	± 10
Погрешность, %	± 5 результата измерений или ± 0,01 кВ
Постоянная времени, с	Меньше чем 2 для напряжения от 0 до + 5 кВ
Периодичность калибровки, мес	Не более 12

С.10.2 Высокоомный омметр — прибор, используемый для измерения сопротивления изолирующих материалов и компонентов путем регистрирования тока утечки от устройства под высоким напряжением к испытуемому устройству.

Таблица С.25 — Требования к высокоомному омметру

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, Ом	От 1 Ом до $3 \cdot 10^9$ Ом
Погрешность, %	± 5 полной шкалы измерений
Постоянная времени, мс	От 10 до 390
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Напряжение при контроле, В	От 0,1 до 1000, постоянное
Максимальный входной ток, мА	Не более 10
Максимальный выходной ток, мА	10 при < 100 В, 5 при < 250 В, 2 при < 500 В, 1 при < 1000 В

С.10.3 Регистратор заряда пластины — устройство для измерения нейтрализационной способности ионизаторов и ионизационных установок.

Таблица С.26 — Требования к регистратору заряда пластины

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, кВ	От – 5 до + 5
Погрешность, %	± 5 полной шкалы измерений
Постоянная времени, с	0,1
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Изоляционные свойства, %	Самопроизвольная разрядка менее 10 % за 5 минут при 40 %-ной относительной влажности и менее чем 200 ионов/см^3
Емкость пластины, пФ	20 ± 2
Размер пластины, мм	150×150
Зарядка, кВ	Не менее 1 для каждой полярности, ток ограничен

С.11 Исследование осаждения частиц

С.11.1 Фотометр для осажденных частиц (седиментометр) — прибор для измерениия всего рассеянного света от частиц, осевших на темные стеклянные накопительные пластинки, и представляет эти данные как коэффициент седиментации, который связан с концентрацией частиц, которые могли бы осесть на критические поверхности.

Таблица С.27 — Требования к фотометру для осажденных частиц (седиментометра)

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, %	Не более 0,5 площади
Периодичность калибровки, мес	Не более 12
Средства калибровки, мкм	Флуоресцирующие частицы размером 4 и 10

С.11.2 Счетчик частиц на поверхности — измеряет количество (размер) дискретных частиц, осевших на поверхности, в основе работы лежит эффект рассеяния света.

Таблица С.28 — Требования к счетчику частиц на поверхности

Параметр	Значение/характеристика
Пределы/диапазон измерений, мкм	От 0,1 до 5,0 не более 10 % разрешения в зависимости от размера

С.11.3 Генератор полистироловых латексных частиц

Установка для производства сферических монодисперсных полистироловых латексных частиц путем распыления жидкой суспензии с помощью сжатого воздуха. Полистироловые латексные частицы могут использоваться для калибровки дисперсных счетчиков частиц и другого оборудования с селекцией по размеру частиц, такого, например, как каскадные импакторы.

Таблица С.29 — Требования к генератору полистироловых латексных частиц

Параметр	Значение/характеристика
Диапазон размеров частиц, мкм	Обычно от 0,1 до 2
Концентрация суспензии, г/см^3	До 10^7
Концентрация на выходе, частиц/л	От 300 до 30000 включ.
Давление воздуха при распылении	Например 177 кПа; 120 л/час

С.12 Измерение времени восстановления

С.12.1 Дискретный счетчик частиц — в соответствии с С.1.1.

С.12.2 Генератор аэрозолей — в соответствии с С.6.3.

С.12.3 Система разбавления — в соответствии с С.6.5.

С.13 Испытание герметичности ограждающих конструкций

С.13.1 Дискретный счетчик частиц — в соответствии с С.1.1.

С.13.2 Генератор аэрозолей — в соответствии с С.6.3.

С.13.3 Система разбавления — в соответствии с С.6.5.

С.13.4 Фотометр — в соответствии с С.6.1.

Приложение D
(справочное)

Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартам

Обозначение ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО 5167-1:2003	*
ИСО 5167-2:2003	*
ИСО 5167-3:2003	—
ИСО 5167-4:2003	—
ИСО 7726:1998	—
ЕН 12599:2000	—
ИСО 14644-1:1999	ГОСТ ИСО 14644-1—2002 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха
ИСО 14644-2:2000	ГОСТ Р ИСО 14644-2—2002 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 2. Требования к контролю и мониторингу для подтверждения постоянного соответствия ГОСТ Р ИСО 14644-1
ИСО 14644-4:2001	ГОСТ Р ИСО 14644-4—2002 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 4. Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию
ИСО 14644-5:2004	ГОСТ Р ИСО 14644-5—2005 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 5. Эксплуатация

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Библиография

[1] ASME N510—1989 Testing of Nuclear Air-Treatment Systems. Fairfield, New Jersey, US: American Society of Mechanical Engineers

[2] ASTM F24—00 Standard Method for Measuring and Counting Particulate Contamination on Surfaces. Philadelphia, Pennsylvania, US: American Society for Testing and Materials

[3] ASTM F50—92 (2001) e1 Standard Practice for Continuous Sizing and Counting of Airborne Particles in Dust-Controlled Areas and Clean Rooms Using Instrument Capable of Detecting Single Sub-Micrometre and Larger Particles. Philadelphia, Pennsylvania, US: American Society for Testing and Materials

[4] ASTM F312—97 (2003) Standard Test Methods for Microscopical Sizing and Counting Particles from Aerospace Fluids on Membrane Filters. Philadelphia, Pennsylvania, US: American Society for Testing and Materials

[5] ASTM F328—98 (2003) Standard Practice for Calibration of an Airborne Particle Counter Using Monodisperse Spherical Particles. Philadelphia, Pennsylvania, US: American Society for Testing and Materials

[6] ASTM F1471—93 (2001) Standard Test Method for Air Cleaning Performance of a High-Efficiency Particulate Air-Filter System. Philadelphia, Pennsylvania, US: American Society for Testing and Materials

[7] Chemical Abstracts Service Registry, Columbus, Ohio, US: American Chemical Society

[8] EN 1822-2:1998 High efficiency air filters (HEPA and ULPA) — Part 2: Aerosol production, measuring equipment, particle counting statistics

[9] EN 1822-4:2000 High efficiency air filters (HEPA and ULPA) — Part 4: Determining leakage of filter element (scan method)

[10] EN 12599:2000 V Ventilation for buildings Test procedures and measuring methods for handing over installed ventilation and air conditioning systems

[11] IEST-G-CC1001:1999 Counting Airborne Particles for Classification and Monitoring of Cleanrooms and Clean Zones. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[12] IEST-G-CC1002:1999 Determination of the Concentration of Airborne Ultrafine Particles. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[13] IEST-G-CC1003:1999 Measurements of Airborne Macroparticles. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[14] IEST-RP-CC001.3:1993 HEPA and ULPA Filters. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[15] IEST-RP-CC006.3:2004 Testing Cleanrooms. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[16] IEST-RP-CC007.1:1992 Testing ULPA Filters. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[17] IEST-RP-CC021.1:1993 Testing HEPA and ULPA Filter Media. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Science and technology

[18] IEST-RP-CC034.2:1999 HEPA and ULPA Filter Media. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[19] ISO 5167-1:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements

[20] ISO 5167-2:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 2: Orifice plates

[21] ISO 5167-3:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 3: Nozzles and Venturi nozzles

[22] ISO 5167-4:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes

[23] JACA No.24:1989 Standardization and Evaluation of Clean Room Facilities. Japan Air Cleaning Association

[24] JIS B 9921:1997 Light scattering automatic particle counter. Japanese Industrial Standards Committee

[25] SEMI E14-93 Measurement of particle contamination contributed to the product from the process or support tool. San Jose, California, US: SEMI (1997)

[26] US Patent 5,059,349 Method of measuring the efficiency of gas mask filters using monodispersed aerosols

[27] US Patent 5,059,352 Method for the generation of monodispersed aerosols for filter testing

[28] VDI 2083 Part 4:1996 Cleanroom technology — Surface cleanliness. Berlin: Beuth Verlag GmbH

УДК 543.275.083:628.511:006.354 ОКС 13.040.30 19.020 Т58 ОКП 63 0000 94 0000

Ключевые слова: чистое помещение, чистая зона, класс чистоты, частица, методы испытаний

Редактор *О. А. Стояновская*
Технический редактор *Н. С. Гришанова*
Корректор *С. И. Фирсова*
Компьютерная верстка *В. Н. Романовой*

Сдано в набор 24.03.2008. Подписано в 06.06.2008. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,05. Уч.-изд. л. 6,94. Тираж 400 экз. Зак. 752.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru