

ГОСТ Р ИСО 14644-3-2020

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

ОКС 13.040.35
19.020

Дата введения 2021-09-01

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью "Чистые технологии" (ООО "Чистые технологии") на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии 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 24 ноября 2020 г. N 1152-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 14644-3:2019* "Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 3. Методы испытаний" (ISO 14644-3:2019 "Cleanrooms and associated controlled environments - Part 3: Test methods, IDT).

* Доступ к международным и зарубежным документам, упомянутым в тексте, можно получить, обратившись в Службу поддержки пользователей. - Примечание изготовителя базы данных.

Международный стандарт подготовлен Техническим комитетом ИСО/ТК 209 "Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды" Международной организации по стандартизации (ИСО)

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 14644-3-2007

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. N 162-ФЗ "О стандартизации в Российской Федерации". Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе "Национальные стандарты", а официальный текст изменений и поправок - в ежемесячном информационном указателе "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты". Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

Введение

Внимание! Документ в силу не вступил Внимание! Документ официально издан. См. "Статус" Внимание! Дополнительную информацию см. в ярлыке "Примечания" Документ приводится с текстом

Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды обеспечивают контроль загрязнения воздуха в целях поддержания допустимого уровня загрязнений в чувствительных к ним процессах. Продукты и процессы, требующие защиты от загрязнений, применяются в аэрокосмической, электронной, фармацевтической, медицинской, пищевой промышленности и здравоохранении.

Данный стандарт устанавливает соответствующие методы испытаний для оценки эксплуатационных свойств чистого помещения, чистой зоны или связанной с ними контролируемой среды, включая изолирующие устройства и контролируемые зоны, а также все связанные с ними структуры, системы подготовки воздуха, обслуживание и вспомогательные устройства.

Примечание - Данный стандарт рассматривает не все методы контроля параметров чистых помещений. Методы испытаний и оборудование для определения классов чистоты воздуха по концентрации частиц и для макрочастиц установлены ИСО 14644-1 [1]. Требования к мониторингу чистоты воздуха по концентрации частиц в нанодиапазоне размеров установлены ИСО 14644-12 [8]. Методы и оборудование для контроля других параметров чистых помещений и чистых зон, используемых для специфических видов продукции или процессов, рассматриваются в других документах, разработанных ИСО/ТК 209 [например, методы контроля жизнеспособных материалов (стандарты серии ИСО 14698), испытаний работоспособности чистых помещений (ИСО 14644-4 [3]) и испытаний изолирующих устройств (ИСО 14644-7 [4]). Кроме того, могут использоваться другие стандарты, при необходимости. Другие характеристики чистоты могут быть определены по ИСО 14644-8 [5] (уровни чистоты воздуха по химическим веществам), ИСО 14644-9 [6] (уровни чистоты поверхности по концентрации частиц) и ИСО 14644-10 [7] (уровни чистоты поверхности по концентрации химических веществ).

Настоящий стандарт подготовлен Техническим комитетом ИСО/ТК 209 "Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды".

Настоящий стандарт является вторым изданием ИСО 14644-3 и отменяет и заменяет первое издание (ИСО 14644-3:2005), которое было технически пересмотрено. Основные изменения по сравнению с предыдущим изданием:

- В.7 упрощен и исправлен с учетом проблем, связанных с его сложностью и отмеченными ошибками;
- руководство по классификации чистоты воздуха по концентрации частиц в воздухе перенесено в 14644-1 [1];
- текст всего документа пересмотрен или уточнен для упрощения применения.

Перечень всех частей комплекса стандартов ИСО 14644 приведен на сайте ИСО.

Данная исправленная версия ИСО 14644-3:2019 включает следующие поправки:

- исправлены перекрестные ссылки в таблице А.1, В.4.4, С.1, С.4.2 и С.4.3;
- изменены формулировки в В.2.1 а), таблице В.2;
- исключен старый рисунок В.2.

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы испытаний и контроля параметров чистых помещений и чистых зон на соответствие классу чистоты воздуха, другим характеристикам чистоты и относящимся к ним контролируемым условиям.

Предусматривается выполнение двух видов испытаний чистых помещений и чистых зон (с однонаправленным и неоднаправленным потоками воздуха) в трех возможных состояниях (построенном, оснащемом и эксплуатируемом).

Установлены методы испытаний, рекомендуемое испытательное оборудование и методики испытаний для определения эксплуатационных параметров. Если метод испытаний зависит от типа чистого помещения или чистой зоны, то предлагаются альтернативные методики.

Для некоторых видов испытаний рекомендованы несколько различных методов и видов оборудования для учета различных условий конечного пользователя. Альтернативные методы, не включенные в настоящий стандарт, могут использоваться по соглашению между заказчиком и исполнителем. Альтернативные методы не обязательно обеспечивают эквивалентные результаты.

Настоящий стандарт не распространяется на испытания продукции или процессов в чистых помещениях, чистых зонах или изолирующих устройствах.

Примечание - Настоящий стандарт не распространяется на требования безопасности, связанные с его использованием (например, при использовании опасных материалов, операций и оборудования). Пользователь стандарта несет ответственность за выполнение необходимых требований по безопасности и охране здоровья и по определению нормативных ограничений до начала использования.

2 Нормативные ссылки

Нормативные ссылки в данном стандарте отсутствуют.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК (IEC) предоставляют базу данных терминов для целей стандартизации по следующим адресам:

- ISO Online browsing platform - доступно по адресу <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia - доступно по адресу <http://www.electropedia.org/>

3.1 Общие термины

3.1.1 **чистое помещение** (cleanroom): Помещение, в котором контролируется концентрация аэрозольных частиц (3.2.1) и которое спроектировано, построено и эксплуатируется так, чтобы свести к минимуму поступление, выделение и удержание частиц в нем.

Примечания

1 Следует задать класс чистоты по концентрации аэрозольных частиц (3.2.4).

2 Могут также задаваться и контролироваться другие параметры, например, концентрации химических, биологических загрязнений и загрязнений с размерами в нанодиапазоне в воздухе, а также чистота поверхностей по частицам, химическим, биологическим загрязнениям и загрязнениям с размерами в нанодиапазоне.

3 При необходимости могут задаваться и другие физические параметры, например, температура, влажность, давление, уровень вибрации и электростатические характеристики.

[ИСО 14644-1:2015, 3.1.1]

3.1.2 **чистая зона** (clean zone): Определенное пространство, в котором контролируется концентрация аэрозольных частиц (3.2.1) и которое построено и эксплуатируется так, чтобы свести к минимуму поступление,

выделение и удержание частиц в нем.

Примечания

1 Следует задать класс чистоты по концентрации аэрозольных частиц (3.2.4).

2 Могут также задаваться и контролироваться другие параметры, например, концентрации химических, биологических загрязнений и загрязнений с размерами в нанодиапазоне в воздухе, а также чистота поверхностей по частицам, химическим, биологическим загрязнениям и загрязнениям с размерами в нанодиапазоне.

3 Чистая зона может находиться внутри чистого помещения (3.1.1) или представлять собой изолирующее устройство. Такое устройство может быть установлено как в чистом помещении, так и вне его.

4 При необходимости могут задаваться и другие физические параметры, например, температура, влажность, давление, уровень вибрации и электростатические характеристики.

[ИСО 14644-1:2015, 3.1.2]

3.1.3 **объект** (installation): Чистое помещение (3.1.1) или одна или более чистых зон (3.1.2) совместно с сопутствующими системами и инженерными коммуникациями.

[ИСО 14644-1:2015, 3.1.3]

3.1.4 **изолирующее устройство** (separative device): Устройство, имеющее конструктивные и динамические средства для создания надежного разделения между внутренними и внешними пространствами по отношению к определенному объему.

Примечание - Примерами некоторых промышленных изолирующих устройств являются устройства с чистым воздухом, герметичные устройства, боксы перчаточные, изоляторы и мини-окружения.

[ИСО 14644-7:2004, 3.17]

3.1.5 **разрешающая способность** (resolution): Наименьшее изменение измеряемой количественной характеристики, которое вызывает различимое изменение в показании прибора.

Примечание - Разрешающая способность может зависеть, например, от шумов (внутренних или внешних) или трения. Она также может зависеть от значения измеряемой величины.

[ИСО 14644-1:2015, 3.4.1]

3.1.6 **чувствительность** (sensitivity): Отношение изменения показания измерительной системы к соответствующему изменению измеряемой величины.

3.2 Аэрозольные частицы

3.2.1 **аэрозольная частица** (airborne particle): Взвешенный в воздухе твердый или жидкий объект, жизнеспособный или нежизнеспособный, с размерами от 1 нм до 100 мкм.

Примечание - Для целей классификации см. ИСО 14644-1:2015, 3.2.1.

3.2.2 **средний диаметр считаемых частиц** (count median particle diameter): Средний диаметр частицы,

определяемый по числу частиц.

Примечание - Для среднего диаметра половина числа частиц относится к частицам с размерами, меньшими среднего размера считааемых частиц, а половина числа частиц относится к частицам с размерами, большими среднего размера считааемых частиц.

3.2.3 средний диаметр частицы по массе (mass median particle diameter): Средний диаметр частицы, определяемый по массе частицы.

Примечание - Для среднего диаметра по массе половина массы всех частиц относится к частицам с размерами, меньшими среднего размера частиц по массе, а половина частиц относится к частицам с размерами, большими среднего размера частиц по массе.

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

[ИСО 14644-1:2015, 3.2.3]

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

Примечание - Для дискретных счетчиков частиц, работающих на принципе рассеяния света, используется эквивалентный оптический диаметр.

[ИСО 14644-1:2015, 3.2.2]

3.2.6 распределение частиц по размерам (particle size distribution): Кумулятивное распределение концентрации частиц (3.2.4) в зависимости от их размеров (3.2.5).

[ИСО 14644-1:2015, 3.2.4]

3.2.7 контрольный аэрозоль (test aerosol): Взвесь твердых и/или жидких частиц в газе с известными и контролируемыми распределениями частиц по размерам и концентрацией.

3.3 Фильтры и системы очистки воздуха

3.3.1 испытание с использованием аэрозоля (aerosol challenge): Испытание фильтра или установленной системы фильтрации (3.3.6) при помощи контрольного аэрозоля (3.2.7).

3.3.2 допустимая утечка (designated leak): Максимально допустимый проскок частиц, установленный по соглашению между заказчиком и исполнителем как утечка (3.3.8), определяемая путем сканирования (3.3.9) объекта (фильтра) (3.1.3) с помощью счетчика аэрозольных частиц, работающего по принципу рассеяния света (light-scattering airborne-particle counter - LSAPC) или фотометра аэрозолей (3.6.2).

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 чистое помещение (3.1.1) или чистую зону (3.1.2).

3.3.6 установленная система фильтрации (installed filter system): Система фильтрации (3.3.4),

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 путем проверки отсутствия утечек в обход объекта (фильтра) (3.1.3), а также самих фильтров и их креплений на отсутствие дефектов и утечек (3.3.8).

3.3.8 утечка (в системе фильтрации) (leak <of air filter system>): 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 (3.3.8) в фильтрах и других элементах, при котором пробоотборником фотометра аэрозолей (3.6.2) или счетчика аэрозольных частиц, работающего по принципу рассеяния света, совершают перекрывающиеся движения вдоль определенной испытываемой плоскости.

3.4 Поток воздуха и другие физические свойства

3.4.1 кратность воздухообмена (air change rate, air exchange rate): Интенсивность обмена воздуха, определяемая как число обменов воздуха в единицу времени, равная отношению объема воздуха, подаваемого в единицу времени, к объему чистого помещения (3.1.1) или чистой зоны (3.1.2).

3.4.2 плоскость измерений (measuring plane): Плоскость поперечного сечения, в которой проводятся испытания или измеряются эксплуатационные параметры, такие как скорость потока воздуха.

3.4.3 неоднаправленный поток воздуха (non-unidirectional airflow): Распределение воздуха, при котором поступающий в чистое помещение (3.1.1) или чистую зону (3.1.2) воздух смешивается с внутренним воздухом посредством подачи струи приточного воздуха.

[ИСО 14644-1:2015, 3.2.8]

3.4.4 расход приточного воздуха (supply air volume flow rate): Объем воздуха, подаваемого в чистое помещение (3.1.1) или чистую зону (3.1.2) через финишные фильтры (3.3.5) или воздуховоды в единицу времени.

3.4.5 общий расход воздуха (total air volume flow rate): Объем воздуха, который проходит через чистое помещение (3.1.1) или чистую зону (3.1.2) в единицу времени.

3.4.6 одинаправленный поток воздуха (unidirectional airflow): Контролируемый поток воздуха с постоянной скоростью и примерно параллельными линиями тока по всему поперечному сечению чистого помещения (3.1.1) или чистой зоны (3.1.2).

[ИСО 14644-1:2015, 3.2.7]

3.4.7 однородность скорости (uniformity of velocity): Характеристика одинаправленного потока воздуха (3.4.6), когда значения скорости воздуха (с учетом направления потока воздуха) в различных точках находятся в установленных пределах относительно средней скорости потока воздуха.

3.5 Измерение статического электричества

3.5.1 время разряда (discharge time): Время, необходимое для уменьшения напряжения до уровня (положительного или отрицательного), до которого изолированная проводящая контрольная пластина была заряжена первоначально.

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

3.5.3 рассеяние статического электричества (static-dissipative property): Свойство снижения электростатического заряда на рабочей поверхности или поверхности продукта вследствие проводимости или других механизмов до установленного значения или номинального нулевого уровня заряда.

3.5.4 поверхностное напряжение (surface voltage level): Положительный или отрицательный уровень напряжения электростатического заряда на рабочей поверхности или поверхности продукта по показаниям используемого прибора.

3.6 Контрольно-измерительное оборудование и условия контроля (испытаний)

3.6.1 генератор аэрозолей (aerosol generator): Устройство, генерирующее частицы в определенном диапазоне размеров (например, от 0,05 мкм до 2 мкм) с постоянной концентрацией, которые могут образовываться за счет теплового, гидравлического, пневматического, акустического или электростатического эффектов.

3.6.2 фотометр аэрозолей (aerosol photometer): Устройство для определения массовой концентрации аэрозольных частиц (3.2.1), работа которого основана на принципе рассеяния света, использующее оптическую камеру с прямым рассеянием света.

3.6.3 расходомер воздуха с измерительным устройством (airflow capture hood with measuring device): Прибор с устройством, которое полностью накрывает фильтр или воздушный диффузор и направляет воздух для непосредственного измерения расхода воздуха.

3.6.4 счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света, дискретный счетчик частиц (light scattering airborne particle counter, LSAPS): Устройство для счета и записи отдельных частиц (3.2.1) (с разделением по размерам) в терминах эквивалентного оптического диаметра.

Примечание - Требования к счетчикам аэрозольных частиц установлены ИСО 21501-4.

[ИСО 14644-1:2015, 3.5.1, модифицированный - исключен термин "дискретный лазерный счетчик частиц, работающий по принципу рассеяния света". Примечание 1 изменено]

3.6.5 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

3.7.1 построенное (as-built): Состояние, в котором монтаж чистого помещения (3.1.1) или чистой зоны (3.1.2) завершен, все обслуживающие системы подключены, но отсутствует оборудование, мебель, материалы или персонал.

[ИСО 14644-1:2015, 3.3.1]

3.7.2 оснащенное (at-rest): Состояние, в котором чистое помещение (3.1.1) или чистая зона (3.1.2) укомплектовано оборудованием и действует по соглашению между заказчиком и исполнителем, но персонал отсутствует.

[ИСО 14644-1:2015, 3.3.2]

3.7.3 эксплуатируемое (operational): Состояние, в котором чистое помещение (3.1.1) или чистая зона (3.1.2) функционирует установленным образом с работающим оборудованием и заданным числом персонала.

[ИСО 14644-1:2015, 3.3.3]

4 Методы испытаний

Внимание! Документ в силу не вступил
Внимание! Документ официально издан. См. "Статус"
Внимание! Дополнительную информацию см. в ярлыке "Примечания"
Документ приводится с текстом

4.1 Испытания чистых помещений

4.1.1 Общие положения

Классификация чистых помещений или чистых зон по концентрации аэрозольных частиц выполняется по ИСО 14644-1 [1]. Дополнительные показатели чистоты следует выбирать по таблице 1, если требуется.

Примечание - Каждый стандарт содержит методы контроля, основанные на характеристиках специфических свойств, руководство по оценке полученных данных и характеристики контрольного оборудования.

Таблица 1 - Методы испытаний для чистых помещений и чистых зон

Общее описание	Ссылка на
Уровни чистоты поверхностей по концентрации частиц	ИСО 14644-9 [6]
Уровни чистоты воздуха по химическим загрязнениям	ИСО 14644-8 [5]
Уровни чистоты поверхностей по химическим загрязнениям	ИСО 14644-10 [7]
Текущий контроль (мониторинг) чистоты воздуха по концентрации частиц в нанодиапазоне	ИСО 14644-12 [8]

4.1.2 Вспомогательные испытания

В таблице 2 приведены другие виды контроля, которые могут быть использованы для оценки функционирования чистого помещения или чистой зоны. Эти испытания могут выполняться в каждом из трех состояний; подробности приведены в приложении В для областей применения. Эти испытания могут не быть исчерпывающими, не все они могут требоваться для конкретного проекта. Испытания и методы испытаний следует выбирать по соглашению между заказчиком и исполнителем. Выбранные испытания могут также повторяться регулярно, как часть текущего контроля (мониторинга) или периодического контроля. Руководство по выбору этих методов испытаний и контрольный лист испытаний приведены в приложении А. Методы испытаний приведены в приложении В.

Примечание - Методы испытаний, приведенные в приложении В, имеют только справочный характер. Для конкретных областей применения могут быть разработаны специальные методы.

Таблица 2 - Вспомогательные методы испытаний

Вспомогательные испытания	Пункт ИСО 14644-3		
	Область применения	Методика	Оборудование
Контроль перепада давления воздуха	4.2.1	В.1	С.2
Контроль потока воздуха	4.2.2	В.2	С.3
Контроль направления и визуализация потока воздуха	4.2.3	В.3	С.4
Контроль времени восстановления	4.2.4	В.4	С.5
Контроль температуры	4.2.5	В.5	С.6
Контроль влажности	4.2.6	В.6	С.7
Контроль утечек установленной системы фильтрации	4.2.7	В.7	С.8
Контроль герметичности ограждающих конструкций	4.2.8	В.8	С.9
Статическое электричество и генерирование ионов	4.2.9	В.9	С.10

Контроль осаждения частиц ^{а)}	4.2.10	В.10	С.11
Контроль разделения зон	4.2.11	В.11	С.12
Примечание - Настоящие вспомогательные методы испытаний представлены не в порядке их значимости или хронологии. Последовательность выполнения испытаний может определяться требованиями специальных документов или по соглашению между заказчиком и исполнителем.			
а) Испытание на осаждение частиц также может проводиться при аттестации чистого помещения в эксплуатации.			

4.2 Основные принципы

4.2.1 Контроль перепада давления воздуха

Целью контроля перепада давления воздуха является проверка способности чистого помещения поддерживать заданный перепад давления между чистым помещением и окружающей средой. Контроль перепада давления воздуха следует выполнять после того, как подтверждены критерии приемлемости для скорости потока воздуха или расхода воздуха, однородности скорости и другие параметры. Подробное описание метода контроля перепада давления воздуха дано в В.1.

4.2.2 Контроль потока воздуха

Этот тест выполняется для определения параметров потока приточного воздуха, подаваемого в помещение как с однонаправленным, так и с неоднаправленным потоком воздуха, или в чистые зоны. Для однонаправленного потока воздуха измеряется скорость потока приточного воздуха, как правило, в отдельных точках, чтобы определить однородность скорости потока. Средняя величина значений скорости в отдельных точках может использоваться для расчета расхода приточного воздуха и кратности воздухообмена (числа воздухообменов в час). Для неоднаправленного потока не требуется измерять скорость в отдельных точках, поскольку однородность скорости, как правило, не требуется. В этих случаях расход воздуха может измеряться непосредственно и затем выполняться расчет кратности воздухообмена (число обменов воздуха в час) для чистого помещения или чистой зоны. Методики контроля потока воздуха приведены в В.2.

4.2.3 Контроль направления потока воздуха и методы визуализации

Целью данного теста является подтверждение направления потока воздуха и/или линии потока воздуха в соответствии с проектной и эксплуатационной документацией. При необходимости могут также проверяться пространственные характеристики потока воздуха в чистом помещении или чистой зоне. Методики контроля приведены в В.3.

4.2.4 Контроль времени восстановления

Контроль времени восстановления выполняется с целью определения способности чистого помещения или чистой зоны возвращаться к заданному уровню чистоты в течение определенного времени после кратковременного выделения частиц. Этот тест не выполняется для однонаправленного потока воздуха. Методика проведения данного теста дана в В.4. При использовании искусственного аэрозоля следует учитывать риск появления остаточных загрязнений в чистом помещении или чистой зоне.

4.2.5 Контроль температуры

Целью данного теста является проверка температуры в пределах заданных значений в течение времени, определенных заказчиком, для испытываемой зоны. Методики проведения даны в В.5.

4.2.6 Контроль влажности

Целью данного теста является проверка того, что влажность (относительная влажность или точка росы)

находится в пределах заданных значений в течение времени, определенных заказчиком, для испытываемой зоны. Методики приведены в В.6.

4.2.7 Контроль установленной системы фильтрации на утечку (проскок частиц)

Данные тесты выполняются для подтверждения того, что система финишной высокоэффективной фильтрации установлена правильно путем проверки отсутствия утечек в обход фильтров в системе фильтрации и проверки того, что фильтры не имеют дефектов (мелких отверстий и других повреждений фильтрующего материала, утечек в раме, герметике). Эти тесты не выполняются для определения эффективности фильтрующего материала. Тесты выполняются путем введения аэрозоля до фильтров и сканирования поверхности фильтров и их креплений или отбора проб в воздуховоде после фильтра. Методики контроля на утечку даны в В.7.

4.2.8 Контроль герметичности ограждающих конструкций

Этот тест выполняется для обнаружения проникания не прошедшего через фильтры воздуха в чистое помещение или чистую зону из среды, окружающей чистое помещение или чистую зону, через соединения, элементы герметизации, двери и потолки, находящиеся под давлением. Методики контроля даны в В.8.

4.2.9 Контроль статического электричества и генерирования ионов

Целью данных тестов является определение уровней статического напряжения на различных предметах, способности материалов рассеивать статическое электричество и характеристик генераторов ионов (ионизаторов), применяемых для регулирования статического электричества в чистых помещениях или чистых зонах. При измерении статического электричества определяются статическое напряжение на рабочих поверхностях и поверхностях продукта, а также способность полов, поверхностей рабочих мест и других объектов рассеивать статическое электричество. Исследование генерирования ионов выполняется для оценки способности ионизаторов снижать статический заряд на поверхностях. Методики испытаний приведены в В.9.

4.2.10 Контроль осаждения частиц

Целью данного теста является оценка числа и размеров частиц, осажденных из воздуха чистого помещения на поверхность в течение согласованного периода времени. Методики проведения данного теста даны в В.10.

4.2.11 Контроль разделения зон

Целью данного теста является оценка эффективности разделения зон, достигаемого специальным потоком воздуха. Тест выполняется путем подачи частиц в менее чистую зону и определения концентрации частиц в защищаемой зоне с другой стороны линии разделения. Методики контроля даны в В.11.

5 Протоколы испытаний

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

- a) наименование и адрес организации, проводившей испытания, и дату проведения испытаний;
- b) номер и дату введения настоящего стандарта (ГОСТ Р ИСО 14644-3-2020);
- 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 классификации 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 В, а также заключение, касающееся соответствия установленным требованиям;

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

Приложение А (справочное)

Выбор дополнительных испытаний и контрольный лист

А.1 Общие положения

Следует тщательно определить последовательность проведения испытаний чистых помещений, чистых зон или контролируемых зон.

Выбор и последовательность испытаний должны быть определены заранее заказчиком и исполнителем. Выбор и последовательность испытаний должны позволять обнаружить несоответствие на самой ранней стадии и свести к минимуму влияние на другие последующие испытания.

А.2 Контрольный лист

В таблице А.1 приведен контрольный лист видов испытаний и перечень оборудования.

Таблица А.1 - Контрольный лист дополнительных испытаний

Отметка о выборе контролируемых параметров испытаний и их очередности ^{а)}	Контролируемый параметр	Пункт приложения В с описанием методики	Отметка о выборе оборудования ^{б)}	Тип оборудования	Пункт приложения С с описанием оборудования	Примечание
	Перепад давления	В.1		Электронный микроанометр	С.2.2	
				Наклонный манометр	С.2.3	
				Механический датчик перепада давления	С.2.4	
	Поток воздуха	В.2			С.3	
	Однородность скорости потока воздуха в чистом помещении или чистой зоне (однонаправленный поток воздуха)	В.2.2.2		Термоанометр	С.3.1.2	
				Трехмерный ультразвуковой анемометр, или эквивалентный	С.3.1.3	
				Крыльчатый анемометр	С.3.1.4	
				Набор трубок	С.3.1.6	

	Скорость приточного воздуха (однаправленный поток воздуха)	В.2.2.3		Термоанемометр	С.3.1.2	
				Трехмерный ультразвуковой анемометр, или эквивалентный	С.3.1.3	
				Крыльчатый анемометр	С.3.1.4	
				Набор трубок	С.3.1.6	
	Расход приточного воздуха, измеренный по скорости воздуха на лицевой стороне фильтра (однаправленный поток воздуха)	В.2.2.4		Термоанемометр	С.3.1.2	
				Трехмерный ультразвуковой анемометр, или эквивалентный	С.3.1.3	
				Крыльчатый анемометр	С.3.1.4	
				Набор трубок	С.3.1.6	
	Расход приточного воздуха в воздуховоде (однаправленный поток воздуха)	В.2.2.5		Диафрагменный расходомер	С.3.2.3	
				Расходомер Вентури	С.3.2.4	
				Статические трубки Пито и манометр	С.3.1.5	
				Термоанемометр	С.3.1.2	
	Расход приточного воздуха, измеренный после приточного фильтра (неоднаправленный поток воздуха)	В.2.3.2		Расходомер воздуха в виде раструба (балометр)	С.3.2.2	
	Расход приточного воздуха, вычисленный по скорости воздуха на лицевой стороне фильтра (неоднаправленный поток воздуха)	В.2.3.3		Термоанемометр	С.3.1.2	
				Трехмерный ультразвуковой анемометр, или эквивалентный	С.3.1.3	
				Крыльчатый анемометр	С.3.1.4	
	Расход приточного воздуха в воздуховоде (неоднаправленный поток воздуха)	В.2.3.4		Диафрагменный расходомер	С.3.2.3	
				Расходомер Вентури	С.3.2.4	
				Статические трубки Пито и манометр	С.3.1.5	
				Термоанемометр	С.3.1.2	

	Направление потока воздуха и визуализация	В.3		Индикаторы для визуализации	С.4.4.1	
				Термоанемометр	С.4.2	
				Трехмерный ультразвуковой анемометр, или эквивалентный	С.4.3	
				Генератор аэрозолей	С.4.4	
				Ультразвуковой распылитель	С.4.4.2	
				Генератор тумана	С.4.4.3	
	Время восстановления	В.4		Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света	С.5.1	
				Генератор аэрозолей	С.5.2	
				Вещества для получения аэрозолей	С.5.3	
				Система разбавления	С.5.4	
				Термометр	С.6	
	Температура	В.5		Термометр расширения	С.6 а)	
				Электрический термометр	С.6 б)	
				Термоманометр	С.6 в)	
	Влажность	В.6		Гигрометр точки росы	С.7 а)	
				Гигрометр, работающий на принципе изменения электропроводности	С.7 б)	
	Целостность установленной системы фильтрации	В.7			С.8	
	Испытания целостности установленной системы фильтрации методом сканирования с использованием фотометра аэрозолей	В.7.2		Фотометр аэрозолей	С.8.1	
				Генератор аэрозолей	С.8.3	
				Вещества для получения контрольных аэрозолей	С.8.4	
	Испытания целостности установленной системы фильтрации методом сканирования с использованием счетчика аэрозольных частиц, работающего по принципу рассеяния света (LSAPC)	В.7.3		Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC)	С.8.2	
				Генератор аэрозолей	С.8.3	
				Вещества для получения контрольных аэрозолей	С.8.4	

				Система разбавления	С.8.5	
Испытания фильтров, установленных в воздуховодах или установках очистки воздуха (кондиционерах)	В.7.4			Фотометр аэрозолей	С.8.1	
				Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC)	С.8.2	
				Генератор аэрозолей	С.8.3	
				Вещества для получения контрольных аэрозолей	С.8.4	
				Система разбавления (только для метода с использованием LSAPC)	С.8.5	
Герметичность ограждающих конструкций	В.8				С.9	
Испытания с использованием счетчика аэрозольных частиц, работающего по принципу рассеяния света (LSAPC)	В.8.2.1			Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC)	С.9.1	
				Генератор аэрозолей	С.9.2	
				Вещества для получения контрольных аэрозолей	С.9.3	
				Система разбавления	С.9.4	
Испытания с использованием фотометра аэрозолей	В.8.2.2			Генератор аэрозолей	С.9.2	
				Вещества для получения контрольных аэрозолей	С.9.3	
				Фотометр аэрозолей	С.9.5	
Статическое электричество и генерирование ионов	В.9				С.10	
Статическое электричество	В.9.2.1			Электростатический вольтметр	С.10.1	
				Высокоомный омметр	С.10.2	
				Регистратор заряда пластины	С.10.3	
Генерирование ионов	В.9.2.2			Электростатический вольтметр	С.10.1	
				Высокоомный омметр	С.10.2	
				Регистратор заряда пластины	С.10.3	
Осаждение частиц	В.10			Демонстрационная пластина	С.11.1	
				Сканер поверхности пластины	С.11.2	

				Аэрозольный фотометр осаждения частиц (седиментометр)	C.11.3	
				Счетчик частиц на поверхности	C.11.4	
				Индикатор осаждения частиц	C.11.5	
				Оптический монитор осаждения частиц	C.11.6	
	Разделение зон	B.11		Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC)	C.12.1	
			Генератор аэрозолей	C.12.2		
			Вещества для получения контрольных аэрозолей	C.12.3		
			Система разбавления	C12.4		
<p>a) При планировании и выборе испытаний в первой колонке можно указать номера, соответствующие последовательности проведения испытаний.</p> <p>b) В четвертой колонке можно указать оборудование, соответствующее выбранным методикам испытаний.</p>						

А.3 Планирование испытаний и контроля параметров

Испытания (контроль параметров) следует проводить, как минимум:

- a) при классификации чистого помещения по ИСО 14644-1;
- b) после монтажа;
- c) после обнаружения и устранения отказа;
- d) после внесения изменений;
- e) при периодической проверке¹⁾.

¹⁾ В оригинале стандарта ИСО 14644-3:2019 отсутствуют рекомендации по периодичности контроля параметров. Учитывая их важность, ТК 184 рекомендует установить периодичность контроля не реже одного раза в год для расхода воздуха, скорости потока воздуха и перепада давления воздуха (если не установлено требование непрерывности контроля перепада давления). Контроль концентрации аэрозольных частиц выполняется не реже одного раза в год (раздел 5, ГОСТ Р ИСО 14644-2-2020).

Для определения периодичности испытаний следует выполнять анализ рисков.

Данные текущего контроля и анализа тенденций следует использовать для подтверждения и, если требуется, пересмотра их периодичности.

Приложение В (справочное)

Дополнительные методы контроля

В.1 Измерение перепада давления

В.1.1 Общие положения

Цель данного испытания - убедиться в способности системы чистых помещений поддерживать требуемый перепад давления между чистым помещением и окружающей средой, а также между отдельными чистыми помещениями и чистыми зонами внутри системы чистых помещений [18]. Измерение перепада давления может проводиться для каждого из состояний чистого помещения и также может выполняться на регулярной основе, как часть программы текущего контроля оборудования по ИСО 14644-2 [2].

В.1.2 Методика проверки перепада давления воздуха

До начала измерения перепадов давления между помещениями или между помещениями и наружными зонами рекомендуется выполнить следующее:

- определить значения и допустимые пределы изменения перепадов давления между помещениями;
- убедиться, что расходы приточного воздуха и регулировка приточного кондиционера находятся в заданных пределах;
- убедиться в том, что элементы чистого помещения, которые могут повлиять на перепад давления между помещениями, такие как двери, окна, передаточные устройства и т.д., находятся в закрытом состоянии. Отверстия, которые находятся в нормально открытом состоянии, должны быть открыты при проведении испытаний;
- система подготовки воздуха работает в установившемся режиме;
- вытяжные системы работают в соответствии с требованиями.

Выполнить измерение перепадов давления между отдельными чистыми помещениями, чистыми зонами и связанными с ними соседними помещениями.

К этому относятся также измерения перепадов давления между классифицированными помещениями, связанными с неклассифицированной окружающей средой.

Во избежание ошибок следует:

- а) учесть наличие постоянных точек измерения;
- б) не выполнять измерения в чистых помещениях и чистых зонах вблизи отверстий для приточного воздуха, вытяжных отверстий, устройств подачи воздуха, дверей и других локальных зон с высокой скоростью воздуха, которые могут оказать влияние на локальное давление в точке измерения;
- в) подтвердить направление потока воздуха с помощью методов визуализации потока в случае, если измеренный перепад давления ниже заданного значения.

В.1.3 Оборудование для измерения перепада давления воздуха

Описание оборудования и требования к измерениям приведены в С.2. Для проведения испытаний могут применяться электронный микроманометр, наклонный манометр или механический датчик перепада давления.

Оборудование должно иметь действующие сертификаты калибровки.

В.1.4 Протокол испытаний

В дополнение к пунктам протокола испытаний, указанным в разделе 5, по соглашению между заказчиком и

исполнителем указываются следующие данные:

- a) вид и условия измерений, вид испытаний;
- b) описание каждого вида использованного оборудования и данные о его калибровке;
- c) класс чистоты рассматриваемых помещений;
- d) положение точек измерения, при необходимости;
- e) состояние(я) чистого помещения.

В.2 Анализ воздушных потоков

В.2.1 Общие положения

Целью данных испытаний является измерение скорости и однородности воздушного потока, а также расхода приточного воздуха в чистом помещении. Распределение скоростей определяют в чистых помещениях и чистых зонах с однонаправленным потоком воздуха, а расход приточного воздуха - в чистых помещениях с неоднаправленным потоком воздуха. Измерение расхода приточного воздуха выполняется для определения объема воздуха, подаваемого в чистое помещение или чистую зону в единицу времени. Расход приточного воздуха измеряют либо после финишных фильтров, либо внутри воздуховодов. Оба метода основаны на определении скорости воздуха, проходящего через сечение с известной площадью, при этом расход воздуха равен произведению скорости воздуха и площади. Выбор метода определяется соглашением между заказчиком и исполнителем.

При измерении скорости потока воздуха нужно тщательно выполнять следующие условия:

- a) направление пробоотборника должно быть выбрано с учетом направления потока воздуха;
- b) измерения следует выполнять в течение достаточного времени для повторных считываний и следует зарегистрировать среднюю скорость или расход воздуха.

В.2.2 Методика испытаний для чистого помещения с однонаправленным потоком

В.2.2.1 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 потоку приточного воздуха, которая делится сеткой на секторы (ячейки решетки) одинаковой площади [18].

В.2.2.2 Скорость потока приточного воздуха

Скорость потока воздуха следует измерять приблизительно на расстоянии от 150 мм до 300 мм от лицевой поверхности фильтра или входной плоскости.

Число точек измерения (ячеек решетки) в значительной степени зависит от используемых для измерений приборов, конфигурации помещения, размещения технологического оборудования и конструкции установленных ячеек с фильтрами. Минимальное число точек измерения (ячеек решетки) определяют по формуле (В.1)

$$N = \sqrt{10 \cdot A}, \quad (\text{В.1})$$

где N - минимальное число точек измерения (ячеек решетки); N следует округлить до ближайшего верхнего целого числа);

A - площадь сечения потока воздуха, м².

При измерении средней скорости в зоне с однонаправленным потоком воздуха среднюю скорость вычисляют

Внимание! Документ в силу не вступил Внимание! Документ официально издан. См. "Статус" Внимание! Дополнительную информацию см. в ярлыке "Примечания" Документ приводится с текстом

по формуле (B.2)

$$V_a = (\sum V_n) / N, \quad (B.2)$$

где V_a - средняя скорость потока воздуха, м/с;

$\sum V_n$ - сумма всех измеренных скоростей потока воздуха (V_n), м/с;

V_n - скорость потока воздуха, измеренная в центре каждой ячейки решетки, м/с;

N - число точек измерения скорости потока воздуха, V_n .

Следует выполнить измерения, как минимум, в одной точке для каждого фильтра (приточного отверстия) или фильтровентиляционного модуля.

При использовании данных измерений для определения скорости потока воздуха по B.2.2.4 или однородности скорости по B.2.2.3 может оказаться целесообразным увеличить число точек измерений (ячеек решетки).

Для зон с меньшими размерами может оказаться необходимым увеличить число точек измерений (ячеек решетки), чтобы увеличить вероятность обнаружения неравномерностей скорости потока воздуха.

Время измерения в каждой точке должно быть достаточным для получения повторяемых показаний. При большом числе точек следует записать усредненные во времени значения измеренных скоростей.

Примечания

1 При измерении скорости потока воздуха слишком близко от источника возможна ошибка измерений из-за изменений распределения потока воздуха, вызванных гофрированным фильтрующим материалом. При измерении скорости потока приточного воздуха на слишком большом расстоянии от источника скорость будет снижаться из-за турбулентности.

2 Для исключения нарушений однонаправленного потока воздуха может использоваться временный барьер.

B.2.2.3 Однородность скорости потока воздуха в чистом помещении или чистой зоне

Однородность скорости потока воздуха следует измерять по B.2.2.2 или по соглашению между заказчиком и исполнителем.

Примечание - Если установлено технологическое оборудование и организованы рабочие места, то важно учесть наличие существенных колебаний потока воздуха. В связи с этим измерения скорости не должны выполняться вблизи этих препятствий.

Данные, используемые для определения однородности скорости и максимальных отклонений, например, значений скорости и ее изменений, должны быть согласованы между заказчиком и исполнителем.

Следует вычислять стандартное отклонение и среднюю величину по значениям скорости. Однородность скорости U_v определяют по формуле (B.3)

$$U_v = [1 - (\sigma/V_a)] \cdot 100, \quad (B.3)$$

где σ - стандартное отклонение;

V_a - средняя скорость потока воздуха, м/с.

Максимальное отклонение скорости потока воздуха D_{\max} вычисляют по формуле (B.4)

$$D_{\max} = [(V_d - V_a)/V_a] \cdot 100, \quad (\text{B.4})$$

где V_a - средняя скорость потока воздуха, м/с;

V_d - значение наибольшего отклонения от среднего значения.

В.2.2.4 Расход приточного воздуха, определяемый по результатам измерения скорости

Результаты измерений скорости потока воздуха, выполненных по В.2.2.2, могут быть использованы для вычисления общего расхода приточного воздуха по формуле (B.5)

$$Q = \sum (V_n \cdot A_C), \quad (\text{B.5})$$

где A_C - площадь ячейки, определяемая как свободная зона приточного отверстия, разделенная на число точек измерения (ячеек решетки), м²;

Q - общий расход воздуха, м³/с;

V_n - скорость потока воздуха, измеренная в центре каждой ячейки решетки, м/с;

Σ - знак суммы по всем ячейкам.

Примечание - Точность определения расхода воздуха по этому методу зависит от многих факторов, таких как выбор контрольных приборов, точек измерения, числа точек измерений (ячеек решетки), расстояния от лицевой поверхности фильтра и вычислений открытой площади ячейки.

В.2.2.5 Расход приточного воздуха, вычисленный по скорости, измеренной в воздуховодах

Расход приточного воздуха в воздуховодах может быть измерен с помощью таких приборов как диафрагменные расходомеры, расходомеры Вентури, статические трубки Пито и анемометры.

Если измерения в прямоугольном воздуховоде проводятся с использованием статических трубок Пито и манометров или анемометров (термоанемометров или крыльчатых), то плоскость измерений в воздуховоде должна быть разделена на точки измерения (ячейки решетки) с одинаковой площадью, а скорость потока воздуха следует измерять в центре каждой ячейки. Число точек измерения (секторов) должно быть согласовано между заказчиком и исполнителем. Расход воздуха следует оценивать так же, как это описано в В.2.2.4. Измерения в круглых воздуховодах проводят по методике определения расхода воздуха с помощью статических трубок Пито, приведенной в ИСО 5167-5 [24].

Примечание - При измерении расхода приточного воздуха возможны различия при использовании методов по определению скорости потока воздуха на лицевой поверхности фильтра и измерениям в воздуховоде.

В.2.3 Методика испытаний для неоднаправленного потока воздуха

В.2.3.1 Общие положения

В некоторых случаях для определения расхода воздуха от каждого приточного отверстия может потребоваться измерение скорости потока приточного воздуха от этих отверстий [18].

В.2.3.2 Расход приточного воздуха, определяемый с помощью расходомера

В связи с наличием эффекта локальной турбулентности потока воздуха и скоростей струй от каждого из отверстий рекомендуется использовать расходомер с раструбом (балометр), который отбирает весь воздух, идущий от каждого финишного фильтра или приточного диффузора. Расход приточного воздуха измеряется

расходомером с измерительным устройством или измерением скорости потока воздуха, выходящего из расходомера, умноженной на площадь сечения потока. Открытая часть раструба должна полностью закрывать фильтр или диффузор и плотно прилегать к плоской поверхности для предотвращения утечек воздуха и неточности измерений. При применении расходомера с измерительным устройством расход воздуха от каждого финишного фильтра или приточного диффузора должен измеряться непосредственно у выхода из раструба.

Следует проверять расходомер на предмет точности результатов измерений в зависимости от вида отверстия, поскольку существует много факторов, которые могут оказать влияние на показания расходомера. Следует учесть возможность применения корректирующего коэффициента. Корректирующий коэффициент зависит от потока воздуха. Он определяется на месте и основан на различии между измерениями в воздуховодах и приточных отверстиях.

Для вихревых диффузоров раструб может быть приспособлен для потока воздуха данного диффузора.

В.2.3.3 Расход приточного воздуха, вычисленный по измерениям скоростей потока

Оценка расхода приточного воздуха может быть выполнена без применения расходомера с помощью анемометра, помещаемого после каждого финишного фильтра. Расход приточного воздуха определяется по скорости потока воздуха, умноженной на площадь сечения фильтра. Для предотвращения нарушений однонаправленного потока может использоваться временный барьер (щиток).

Число точек измерения (ячеек решетки) и порядок вычисления расхода приточного воздуха приведен в В.2.2.2 и В.2.2.4.

При невозможности разделения плоскости на точки измерения (ячейки решетки) с равными площадями может использоваться среднее значение скорости, умноженное на площадь сечения.

Точность определения расхода воздуха по этому методу может зависеть от многих факторов, например, выбора контрольных приборов, точек измерения, числа точек измерения (ячеек решетки), расстояния от лицевой поверхности фильтра и расчета открытой площади ячейки. Эти возможные влияющие факторы следует учесть при проведении испытаний.

В.2.3.4 Расход приточного воздуха, вычисленный по измерениям скорости потока воздуха в воздуховодах

Порядок определения расхода приточного воздуха приведен в В.2.2.5.

В.2.4 Приборы для контроля расхода воздуха

Описание приборов и их характеристики приведены в С.3. Для измерения скорости потока воздуха могут использоваться ультразвуковые анемометры, термоанемометры, крыльчатые анемометры или их эквиваленты.

Для измерения расхода приточного воздуха могут использоваться расходомеры воздуха, диафрагменные расходомеры, трубки Вентури, статические трубки Пито, набор усредняющих трубок и манометры или их эквиваленты.

При измерении скорости потока воздуха следует использовать приборы, на которые не влияет изменение скорости от точки к точке при малых расстояниях, например, термоанемометр может использоваться при малых значениях размеров сетки и дополнительных точках измерений (ячейках сетки). С другой стороны, крыльчатый анемометр может использоваться, если он обладает достаточной чувствительностью и имеет достаточные размеры для измерений средней скорости потока воздуха в определенном диапазоне.

Приборы должны иметь действующие сертификаты калибровки.

В.2.5 Протоколы испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем следует документально оформлять протоколы согласно разделу 5, которые включают в себя:

- a) вид испытаний, вид и условия измерений;
- b) описание каждого вида использованного оборудования и данные о его калибровке;

- c) положение точек измерения, их расстояние от поверхности фильтра;
- d) состояние(я) чистого помещения;
- e) результаты измерений;
- f) другие данные, существенные для испытания.

В.3 Определение направления потока воздуха, визуализация потока

В.3.1 Общие положения

Целью проверки направления потока воздуха и визуализации потока является подтверждение того, что направление потока воздуха и однородность скорости потока соответствует проектным и эксплуатационным требованиям.

Примечания

1 Цифровое моделирование потоков воздуха (CFD), используемое как прогнозирующее и аналитическое средство, в настоящем стандарте не рассматривается.

2 Использование нитей может не дать истинное направление потока воздуха из-за особенностей материала нитей, например, веса и температуры материала нитей.

В.3.2 Методы

Проверка направления и визуализация потока воздуха может выполняться следующими четырьмя методами:

- a) использованием нитей;
- b) введением частиц;
- c) визуализацией потока воздуха с помощью методов обработки изображения;
- d) построением распределения скоростей потоков воздуха.

В методах a) и b) для визуализации потоков воздуха используют нити или видимые частицы. Для записи данных могут использоваться такие устройства, как видеокамеры. Нити или частицы не должны быть причиной загрязнений и должны точно показывать направление потока воздуха. Для данных методов могут использоваться генератор аэрозолей и источник света высокой интенсивности.

Метод c) используется для количественной оценки распределения скоростей потока воздуха в чистом помещении или чистой зоне. Метод основан на визуализации потока воздуха частицами при помощи моделирования с использованием компьютера.

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

Примечания

1 На потоки воздуха могут влиять такие параметры, как перепад давления воздуха, скорость движения воздуха и температура.

2 Методы визуализации потока воздуха являются лучшим средством для оценки эффективности распределения воздуха в чистых помещениях, чистых и контролируемых зонах с однонаправленным потоком воздуха. Также данный метод может применяться в зонах с неоднаправленным потоком воздуха.

В.3.3 Методы определения направления потока воздуха, визуализация потока

В.3.3.1 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 его изменения из-за турбулентности. Целесообразно использовать эффективную подсветку для наблюдения и записи потока воздуха.

В.3.3.2 Метод введения частиц

Метод состоит в наблюдении или визуализации поведения частиц, освещенных источником света высокой эффективности. Он показывает направление потока воздуха и однородность скорости потока в чистом помещении, чистой или контролируемой зоне. Индикаторные частицы могут быть получены из распыляемой деионизованной воды, распыляемого или химически генерируемого спирта/гликоля и т.д. Источник частиц должен быть выбран так, чтобы исключить загрязнение поверхностей.

При выборе метода распыления следует учесть требования к размеру капель. Капельки должны быть достаточно большие, чтобы быть обнаруженными с помощью применяемых методов визуализации, но не настолько большими, чтобы гравитация или иной эффект могли повлиять на их движение и искажение получаемой картины.

В.3.3.3 Визуализация потоков воздуха с помощью видеозаписи

Обработка данных о визуализации частиц по методу В.3.3.2 на фотографиях или видеопленках дает количественные характеристики потоков воздуха в двумерном изображении векторов скорости. При этом используются цифровые компьютеры с необходимыми интерфейсами и программным обеспечением. Для достижения большей пространственной разрешающей способности могут использоваться такие средства, как лазерные источники света.

В.3.3.4 Оценка потоков воздуха методом построения распределения скоростей

Распределение скоростей потоков воздуха может быть построено с помощью приборов для измерения скорости потока воздуха, таких как термоанемометры или ультразвуковые анемометры, устанавливаемых в нескольких определенных точках испытываемого чистого помещения или чистой зоны. Обработка полученных данных позволяет получить информацию о распределении потоков воздуха.

В.3.4 Оборудование для определения направления и визуализации потока воздуха

Приборы для определения направления потока воздуха и его визуализации различаются для каждого метода испытаний. Приборы для каждого метода испытаний приведены в С.4, таблицах В.1 и В.2.

Таблица В.1 - Материалы или частицы, используемые в методах с использованием нитей или введения частиц

Пункт	Описание
Материал, используемый в методе использования нитей	Шелковая нить, ткань и т.д.
Метод введения частиц	Туман из воды деионизованной или другой жидкости с диаметром капель от 0,5 мкм до 50 мкм. Пузырьки нейтральной плотности в воздухе в месте измерения. Контрольный туман из органических или неорганических соединений

Устройства записи визуализированной картины или изображений индикаторных частиц	Различные устройства, такие как фотокамеры, видеокамеры, включая высокоскоростные или стробоскопы или приборы с синхронизированными функциями, и устройства записи изображений, используемые при визуализации потока воздуха
---------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Примечание - После визуализации потока воздуха следует, как правило, выполнять повторную уборку чистого помещения или чистой зоны.

Таблица В.2 - Источники света для визуализации потока воздуха

Пункт	Описание
Различные источники света для контрастного наблюдения или визуализации потоков воздуха	Вольфрамовая лампа, флуоресцентная лампа, галогенная лампа, ртутная лампа, источники лазерного излучения (He-Ne, на ионах аргона, YAG-лазеры и т.д.) с или без стробоскопа или синхронизированные устройства с регистраторами
Технология обработки изображений для количественного измерения с помощью визуализации потока	Метод лазерного ножа, состоящий из высокомоощных лазерных источников (аргоновый или YAG-лазер), оптики, включая цилиндрическую линзу, и контроллера, где визуализируются двумерные воздушные потоки

В.3.5 Протокол испытаний

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

- a) вид испытаний, метод визуализации и условия испытаний;
- b) тип используемых приборов и данные об их калибровке;
- c) точки, в которых проводилась визуализация;

d) фотография или любая другая запись картины визуализации или первичные данные каждого измерения скорости воздуха, при применении обработки изображений или определении распределения скоростей, если это предусмотрено;

- e) план размещения приборов, используемых при визуализации;
- f) состояние(я) чистого помещения.

В.4 Определение времени восстановления

В.4.1 Общие положения

Целью данного вида испытаний является определение способности чистого помещения снижать концентрацию аэрозольных частиц за счет разбавления. Восстановление уровня чистоты после выделения частиц является одним из важных свойств чистого помещения. Этот вид испытаний выполняется только для систем с неоднаправленным потоком воздуха, поскольку процесс восстановления основан на разбавлении и смешивании воздуха в неоднаправленном потоке. Он не распространяется на системы с одинаправленным потоком воздуха, где загрязнения удаляются одинаправленным потоком. Свойство восстановления чистого помещения с неоднаправленным потоком зависит от ряда факторов, таких как эффективность вентиляции, температура и наличие препятствий. Проверка времени восстановления может выполняться с использованием

счетчика аэрозольных частиц, работающего по принципу рассеяния света (LSAPC), или фотометра аэрозолей. При использовании искусственного аэрозоля следует учесть риск загрязнения чистого помещения или чистой зоны.

В.4.2 Свойство восстановления чистоты

Восстановление чистоты оценивается по времени восстановления 100:1 или 10:1 и/или скорости восстановления чистоты. Время восстановления 100:1 или 10:1 определяется как время, необходимое для снижения начальной концентрации в 100 или 10 раз. Скорость восстановления чистоты определяется как скорость изменения концентрации частиц с течением времени. Оба эти показателя могут быть получены из одной и той же кривой снижения концентрации частиц. Измеренные значения концентрации должны соответствовать интервалу времени, в течение которого снижающаяся концентрация частиц описывается одной экспонентой в виде прямой линии на полулогарифмической диаграмме (концентрации по оси ординат даны в логарифмическом масштабе, значения времени по оси абсцисс в линейном масштабе). Концентрация частиц при испытаниях не должна быть слишком высокой во избежание ошибки совпадения или слишком низкой, когда может иметь место неопределенность счета.

Целью проверки времени восстановления является оценка интервала времени, в течение которого концентрация частиц может снизиться до заданного уровня чистоты после временного повышения концентрации частиц в чистом помещении или чистой зоне при плановых остановках для технического обслуживания или внезапных отказах. Целью определения скорости восстановления является определение локальной возможности восстановления чистоты после временного превышения концентрации частиц вблизи точки контроля. Угол наклона снижающейся кривой в полулогарифмическом масштабе показывает эту локальную способность.

Испытание 100:1 не рекомендуется для классов 8 ИСО и 9 ИСО.

Примечание - Определение скорости восстановления не только позволяет судить о скорости восстановления, но и о кратности воздухообмена в единицу времени в точке контроля. При сравнении локальной кратности воздухообмена в точке с общей кратностью воздухообмена в чистом помещении может быть оценена эффективность системы вентиляции в точке контроля.

В.4.3 Методика проверки свойства восстановления

В.4.3.1 Выбор контрольных точек

Поместить пробоотборник LSAPC на уровне рабочей плоскости в необходимую точку или точки, которые могут включать критические точки или предполагаемые точки наихудшего случая. Контрольные точки и число измерений должны быть согласованы между заказчиком и исполнителем. Может быть не рекомендован выбор контрольных точек, которые дают значения свойства восстановления, не представительные для чистого помещения, таких как приточные отверстия без диффузора.

В.4.3.2 Методика испытаний

Следует принять меры предосторожности во избежание высоких концентраций частиц, которые могут привести к ошибке совпадения и загрязнению оптической системы LSAPC. До начала испытаний следует вычислить концентрацию, необходимую для проверки свойства восстановления. При превышении концентрации максимального значения для LSAPC, при котором произойдет ошибка совпадения, следует использовать систему разбавления. Последовательность испытаний:

- a) установить счетчик частиц в соответствии с инструкцией изготовителя и сертификатом калибровки;
- b) размер частиц, применяемых при испытании, должен быть менее 1 мкм. Рекомендуется выбрать пороговый размер частиц счетчика, при котором будет определена максимальная концентрация частиц в аэрозоле;
- c) ввести аэрозольное загрязнение в испытываемую зону чистого помещения при работающей системе подготовки воздуха;
- d) увеличить начальную концентрацию частиц так, чтобы она не менее чем в 10 или 100 раз превышала заданное значение для данного класса чистоты (см. примечание 1);

е) начать счет частиц с интервалами не более 1 мин и записать время и концентрацию частиц;

ф) нанести данные о снижении логарифма концентрации частиц на график относительно времени и убедиться, что используемые результаты соответствуют экспоненте, т.е. линия снижения является прямой и не приходится на начало, когда снижение не было установлено, или на конец, где фоновый счет в чистом помещении уменьшает скорость снижения концентрации.

Примечания

1 Целевым уровнем чистоты может быть уровень чистоты по проекту, уровень, определенный по испытаниям согласно ИСО 14644-1 в оснащённом состоянии, или альтернативный согласованный уровень чистоты, предполагая, что этот уровень находится в зоне графика снижения концентрации частиц, где снижение является экспоненциальным.

2 При необходимости может использоваться альтернативный, но менее удобный метод, при котором система вентиляции выключается, контрольные частицы добавляются и смешиваются с помощью вентилятора в помещении, после чего система вентиляции включается.

В.4.3.3 Оценка времени восстановления 10:1 и 100:1

Последовательность испытаний:

а) отметить время, при котором концентрация частиц будет в 10 или 100 раз превышать заданное значение для данного класса чистоты (t_{10n} или t_{100n});

б) отметить время t_n , когда концентрация частиц достигнет заданного значения для данного класса чистоты;

с) время восстановления 10:1 равно $t_{0,1} = (t_n - t_{10n})$;

д) время восстановления 100:1 равно $t_{0,01} = (t_n - t_{100n})$.

В.4.3.4 Оценка скорости восстановления

Скорость восстановления может быть определена по наклону кривой снижения концентрации частиц в последовательности:

а) начать измерения и записывать непрерывно время и концентрацию частиц. Время отбора проб должно быть по возможности коротким, но при отборе проб счет должен быть статистически значимым. Интервалы времени между отбором проб должны быть по возможности короткими;

б) построить график снижения концентрации частиц на полулогарифмической шкале (концентрация частиц по оси ординат по логарифмической шкале, значения времени по оси абсцисс по линейной шкале);

с) определить высокий и низкий пределы концентрации так, чтобы кривая снижения данных измерений могла рассматриваться как почти прямая линия;

д) скорость восстановления определяется по наклону кривой между высокой и низкой концентрациями. Скорость восстановления между двумя точками измерений рассчитывают по формуле (В.6)

$$r = -2,3 \cdot \frac{1}{t_1 - t_0} \log \left(\frac{C_1}{C_0} \right), \quad (\text{В.6})$$

где C_0 - высокая концентрация в момент времени t_0 ;

C_1 - низкая концентрация в момент времени t_1 ;

r - скорость восстановления чистоты;

$t_1 - t_0$ - интервал времени между измеренными значениями концентраций C_0 и C_1 .

Примечание - Эффективность вентиляции в критической точке (точках) чистого помещения может быть определена путем сравнения скорости восстановления в точке (точках) с общей скоростью восстановления чистого помещения. Если перемешивание воздуха и загрязнений в начале проверки свойства восстановления является идеальным, то общая скорость восстановления чистого помещения будет соответствовать кратности воздухообмена. Поэтому эффективность вентиляции может быть получена сравнением скорости восстановления в точке (точках) с кратностью воздухообмена в чистом помещении.

Для получения сравнимых величин при проверке свойства восстановления необходимо учесть влияние разности температур приточного воздуха и воздуха в контрольной точке, что вызывает изменения потоков воздуха в чистом помещении. Эта разность температур может изменяться при переходе от построенного состояния к оснащеному из-за изменений в выделении тепла в чистом помещении и из-за различия сезонных требований к нагреву или охлаждению. Следует измерить разность температур приточного воздуха и воздуха в контрольной точке (в которой проверяется свойство восстановления).

В.4.4 Оборудование для проверки свойства восстановления

При проверке свойства восстановления может использоваться следующее оборудование:

- генератор аэрозолей и искусственно созданный аэрозоль, который имеет характеристики согласно С.5;
- счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC), имеющий эффективность, указанную в С.5.1;
- система разбавления, при необходимости, как указано в С.5.4;
- термометр.

Примечание - Проверка свойства восстановления может выполняться также с использованием фотометра аэрозолей.

В.4.5 Протокол испытаний

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

- a) тип используемых приборов и данные об их калибровке;
- b) число и расположение точек, в которых проводились измерения;
- c) состояние(я) чистого помещения;
- d) результат измерений.

В.5 Контроль температуры

В.5.1 Общие положения

Измерение температуры выполняется с целью проверки способности чистого помещения поддерживать значения температуры в определенной зоне в заданных пределах в течение времени, согласованного заказчиком и исполнителем. Методы контроля даны в ИСО 7726 [28] и других документах.

В.5.2 Приборы для измерения температуры

Контроль температуры следует выполнять с помощью сенсора, имеющего точность согласно ИСО 7726 [28], например:

- a) термометры;
- b) приборы на основе терморезисторов;
- c) термисторы.

Приборы должны иметь действующие сертификаты калибровки.

В.6 Контроль влажности

В.6.1 Общие положения

Контроль влажности выполняется с целью проверки способности чистого помещения 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. Методы контроля даны в ИСО 7726 [28] и других документах.

В.6.2 Приборы для контроля влажности

Контроль влажности следует выполнять с помощью сенсора, имеющего точность согласно ИСО 7726 [28]. К типовым сенсорам относятся:

- a) датчик влажности с конденсатором на диэлектрической тонкой пленке;
- b) датчик точки росы;
- c) психометр.

В.7 Испытание целостности установленной системы фильтрации

ВНИМАНИЕ. Испытание с использованием аэрозоля может привести к неприемлемому уровню загрязнения 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.

В.7.1 Общие положения

В.7.1.1 Область применения

Данные виды испытаний предназначены для подтверждения того, что высокоэффективная система фильтрации воздуха с интегральной эффективностью 99,95% или выше для размеров наиболее проникающих частиц (MPPS) установлена надлежащим образом, что проверяется по отсутствию обходных утечек и отсутствию дефектов в фильтрах (маленьких отверстий и других повреждений фильтрующего материала, в корпусе фильтра, герметике и утечек в конструкциях, в которые установлены фильтры). Часть настоящих методов, приведенных в В.7, заимствована в IEST-RP-CC034.4 [21].

Данные виды испытаний не предназначены для определения эффективности фильтрующего материала. При

испытаниях на утечку определяются величина утечек, допустимая для данного чистого помещения. Методы испытаний включают в себя подачу на вход фильтра контрольного аэрозоля и сканирование после фильтра в зоне самого фильтра и элементов его крепления или отбор пробы в воздуховоде после фильтра. Данный вид испытаний выполняется для чистых помещений или чистых зон в построенном или оснащённом состояниях при аттестации новых или при повторной аттестации существующих чистых помещений, а также после замены высокоэффективных фильтров.

В В.7.2 и В.7.3 приведены две методики испытаний для фильтров, установленных в потолке, стенах или в оборудовании. Методика испытаний для фильтров, установленных в воздуховодах, приведена в В.7.4. Применяются различные приборы и методы, в частности, с использованием фотометра аэрозолей по В.7.2, определяющего массовую концентрацию аэрозоля, и с применением LSAPC по В.7.3, определяющего число частиц.

В.7.1.2 Методика с использованием фотометра аэрозолей

Фотометр аэрозолей может использоваться для проведения испытаний (В.7.2):

а) чистых помещений и чистых зон со всеми видами систем подготовки воздуха;

б) чистых помещений, в которых оседание контрольного аэрозоля на основе летучих масел на фильтрах или стенках воздухопроводов при проведении испытаний неопасно для продукции, процессов и/или персонала внутри чистого помещения или чистой зоны.

Примечание - Применение фотометра аэрозолей может потребовать более высокой концентрации аэрозоля на входе фильтра по сравнению со счетчиком частиц LSAPC.

В.7.1.3 Методика с использованием счетчика аэрозольных частиц, работающего на принципе рассеяния света (LSAPC)

Метод LSAPC (В.7.3) может использоваться для испытаний:

а) чистых помещений и чистых зон со всеми видами систем подготовки воздуха;

б) чистых помещений, в которых оседание контрольного аэрозоля на основе летучих масел на фильтрах или стенках воздухопроводов недопустимо или если рекомендуется использовать аэрозоли с твердыми частицами.

Примечания

1 Этот метод требует проведения вычислений до начала работы и может потребовать использования дилютера (см. С.5.4). Вычисления могут выполняться вручную, с помощью независимого компьютера, прибора, связанного с компьютерами или с помощью автоматизированных средств, связанных со счетчиком (LSAPC).

2 Данный метод может применяться для аэрозолей на основе масел, когда допускается выделение газов.

В.7.2 Методика испытания целостности установленной системы фильтрации сканированием с использованием фотометра аэрозолей

В.7.2.1 Общие положения

Подготовительные этапы описаны в В.7.2.2, В.7.2.3, В.7.2.5 и В.7.2.6, критерии приемлемости - в В.7.2.4, методика испытаний - в В.7.2.7, рекомендации по ремонту - в В.7.6 [17], [18], [21].

В.7.2.2 Определение размеров пробоотборника

Рекомендуется применять пробоотборник с прямоугольным входным отверстием и размерами $D_p = 1$ см и $W_p = 8$ см, или круглый пробоотборник с диаметром $D_p = 3,6$ см. D_p - размер пробоотборника, параллельный

направлению сканирования, выраженный в см; W_p - размер пробоотборника, перпендикулярный направлению сканирования, выраженный в см.

В.7.2.3 Определение скорости сканирования

Скорость сканирования пробоотборником S_p должна составлять примерно 5 см/с [21].

В.7.2.4 Критерий приемлемости

При обнаружении во время сканирования утечки, равной или большей предела, характеризующего утечку, следует удерживать пробоотборник у места утечки. Максимальные показания фотометра аэрозолей указывают на место утечки.

При утечках более 0,01% от массовой концентрации аэрозоля до фильтра считается, что максимально допустимый проскок превышен. Однако, для систем фильтрации с интегральной эффективностью в точке MPPS $\geq 99,95\%$ и меньше 99,95% критерий приемлемости равен 0,1%.

Если системы фильтрации имеют интегральную эффективность менее 99,95% в точке MPPS, то следует установить другой критерий приемлемости по согласованию между заказчиком и исполнителем.

Действия по устранению обнаруженных утечек приведены в В.7.6.

В.7.2.5 Выбор контрольных аэрозолей

В поток воздуха до фильтра следует ввести искусственный аэрозоль, полученный с помощью распылителя Ласкина, термогенератора или другого устройства, для того чтобы получить требуемую однородную концентрацию. Средний диаметр частиц по массе для этого метода обычно составляет от 0,3 мкм до 0,7 мкм со стандартным геометрическим отклонением до 1,7.

Примечание - Руководство по выбору веществ, служащих источником аэрозолей, дано в С.8.4.

В.7.2.6 Концентрация аэрозоля до фильтра и ее проверка

Концентрация аэрозоля до фильтра должна быть от 1 мг/м³ до 100 мг/м³.

Примечание - Не все фотометры могут работать с концентрацией аэрозоля до фильтра 1 мг/м³.

Следует принять меры по контролю однородности смешивания аэрозоля, введенного в поток приточного воздуха. При первом испытании системы следует убедиться, что смешивание аэрозоля происходит удовлетворительно. Для этого все точки ввода аэрозоля и отбора проб должны быть определены и записаны.

Концентрация аэрозоля до фильтра, измеренная непосредственно перед фильтрами, не должна различаться более чем на $\pm 15\%$ во времени относительно среднего измеренного значения. При концентрациях меньше среднего значения чувствительность по определению небольших утечек будет снижена, в то время как для больших концентраций чувствительность для малых утечек будет увеличена. Более подробные требования к проведению испытаний на смешивание аэрозоля с воздухом должны быть согласованы заказчиком и исполнителем.

В.7.2.7 Методика испытания целостности установленной системы фильтрации при помощи сканирования

До начала испытаний следует определить скорость потока воздуха (В.2). При эксплуатации систем с различными скоростями потока воздуха при испытаниях следует использовать наибольшее значение скорости. Метод состоит в подаче контрольных аэрозолей на вход фильтров и в поиске утечек путем сканирования поверхности фильтра пробоотборником фотометра со стороны выхода воздуха, а также элементов крепления, при этом:

a) определяется концентрация аэрозоля до фильтров по В.7.2.6. Эта концентрация должна использоваться как 100% опорное значение на входе фильтра для фотометра. Значения концентрации после фильтра будут затем выражаться как процентная доля от концентрации до фильтра;

b) пробоотборник следует перемещать со скоростью сканирования 5 см/с или менее перекрывающими движениями (рекомендуемая величина перекрывания 1 см). Пробоотборник должен двигаться на расстоянии 3 см или менее от поверхности фильтра или элементов крепления ниже по течению воздуха;

c) сканирование следует выполнять по всей лицевой поверхности каждого фильтра, периметру каждого фильтра, местам герметизации между корпусом фильтра и конструкцией, в которую он установлен, включая соединения, ниже по течению воздуха;

d) измерение концентрации аэрозоля до фильтров следует повторять через достаточные интервалы времени между и после сканирования, чтобы подтвердить стабильность концентрации аэрозоля до фильтра (см. В.7.2.6).

В.7.3 Методика испытания целостности установленной системы фильтрации при помощи сканирования с использованием счетчика аэрозольных частиц, работающего по принципу рассеяния света (LSAPC)

В.7.3.1 Общие положения

Подготовительные этапы приведены в В.7.3.2-В.7.3.7, методика испытаний - в В.7.3.8 и В.7.3.9, критерии приемлемости - в В.7.3.4, рекомендации по ремонту - в В.7.6. Пример применения приведен в В.7.3.10.

Испытание выполняется в два этапа:

- этап 1: на первом этапе проводится сканирование поверхности фильтра со стороны чистого помещения на предмет обнаружения потенциальной утечки. Если при сканировании счетчик обнаруживает число частиц, превышающее приемлемый уровень для данных условий испытаний, N_a , за время отбора пробы, T_s , то это указывает на потенциальное наличие утечки. В этом случае переходят ко второму этапу. Если превышение не обнаружено, то дальнейший анализ не проводится. Методы расчета N_a приведены в В.7.3.5, T_s - в В.7.3.8.2. Метод сканирования на этапе 1 дан в В.7.3.8;

- этап 2: на втором этапе пробоотборник помещается неподвижно в точке с максимальным числом частиц под местом потенциальной утечки и выполняется стационарное измерение. Если при неподвижном состоянии счетчика число обнаруженных частиц за время T_r превысит допустимое значение для данных условий испытаний, N_{ar} , то это указывает на наличие утечки. Порядок расчета величин N_{ar} и T_r приведен в В.7.3.9.2. Метод выполнения стационарного измерения для этапа 2 дан в В.7.3.9.

В.7.3.2 Определение размеров пробоотборника

Площадь входного отверстия пробоотборника должна быть такой, чтобы скорость входящего в него воздуха была такой же, что и на лицевой поверхности фильтра при допустимом отклонении $\pm 20\%$. Эта площадь может быть рассчитана по формуле (В.7)

$$D_p \cdot W_p = Q_{va} / U, \quad (\text{В.7})$$

где D_p - размер стороны пробоотборника¹⁾, параллельной направлению сканирования, см;

¹⁾ Для круглого пробоотборника вместо термина "размер стороны пробоотборника, D_p " применяется термин "номинальный размер пробоотборника D_p " (примечание ТК 184).

Q_{va} - скорость отбора проб счетчика (LSAPC), см³/с;

U - скорость воздуха на лицевой поверхности фильтра, см/с;

W_p - размер стороны пробоотборника, перпендикулярной направлению сканирования, см.

Рекомендуется применять пробоотборник с прямоугольным входным отверстием и размерами $D_p = 1$ см и $W_p = 8$ см или круглый пробоотборник с диаметром $D_p = 3,6$ см. Рекомендуемые размеры пробоотборника даны для счетчика частиц со скоростью отбора проб, Q_{vs} , равной 0,000472 м³/с (472 см³/с, 28,3 л/мин или 1 фут³/мин).

Если скорость воздуха на лицевой поверхности фильтра необычно высока (>1 м/с), то по формуле (В.7) могут быть рассчитаны меньшие размеры для пробоотборника, D_p .

Для круглого пробоотборника величина D_p может определяться по формуле (В.8)

$$D_p = 2 \cdot \sqrt{D_0 \cdot W_s - W_s^2}, \quad (\text{В.8})$$

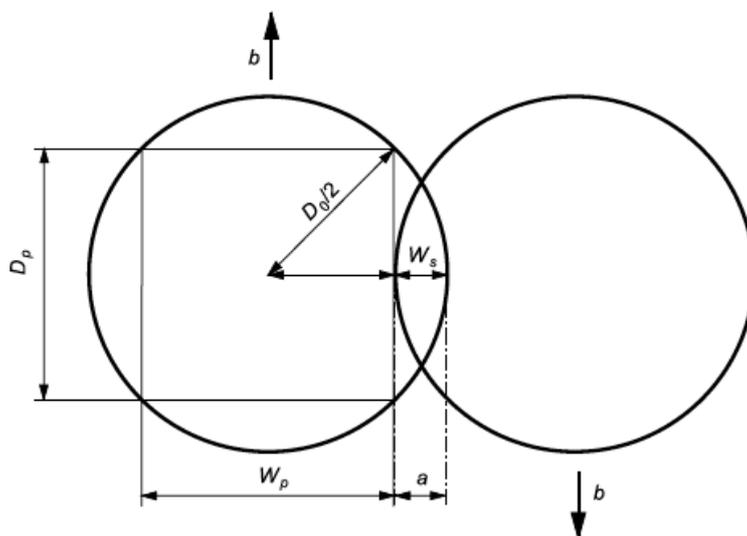
где D_p - номинальный размер пробоотборника¹⁾, параллельный направлению сканирования, см;

¹⁾ Для круглого пробоотборника вместо термина "размер стороны пробоотборника, D_p " применяется термин "номинальный размер пробоотборника D_p " (примечание ТК 184).

D_0 - действительный размер пробоотборника (диаметр), см;

W_s - размер зоны перекрытия, перпендикулярной направлению сканирования, см.

Для круглого пробоотборника с диаметром D_0 3,6 см, диаметр D_p составляет 2,54 см.



a - зона перекрытия; b - направление сканирования

Рисунок В.1 - Размеры круглого пробоотборника

Примечание - Для наиболее эффективного сканирования поверхности следует выбрать величину W_s , при которой $D_p = W_p$. Для круглого пробоотборника диаметром 3,6 см наиболее эффективным значением D_p является 2,54 см (рисунок В.1).

В.7.3.3 Определение скорости сканирования

Для прямоугольного пробоотборника с размерами входного отверстия $D_p=1$ см и $W_p=8$ см скорость сканирования, S_p , должна составлять 5 см/с или менее.

Для круглого пробоотборника с диаметром входного отверстия 3,6 см скорость сканирования, S_p , должна составлять 12 см/с или менее.

Если требуемые концентрации аэрозолей на входе фильтра не могут быть достигнуты, то следует изменить скорость сканирования. Скорость сканирования, S_p , см/с, может быть определена для скорости отбора проб счетчиком частиц 0,000472 мз/с по формуле (В.9):

$$S_p = C_c \cdot P_f \cdot 0,000472 \cdot \frac{D_p}{N_p}, \quad (\text{В.9})$$

где C_c - концентрация контрольного аэрозоля до фильтра, частиц/мз;

D_p - размер стороны пробоотборника¹⁾, параллельной направлению сканирования, см;

¹⁾Для круглого пробоотборника применяется D_p - номинальный размер, параллельный направлению сканирования (примечание ТК 184).

N_p - ожидаемое среднее число частиц, указывающее на согласованную утечку;

P_f - максимально допустимый проскок для испытываемой системы фильтрации для частиц с размером 0,3 мкм.

В.7.3.4 Размер считаемых частиц и критерии приемлемости

Размер считаемых частиц должен быть равным или большим 0,3 мкм.

Если при сканировании обнаруживается любая утечка, то пробоотборник должен удерживаться в этом положении. Положение пробоотборника соответствует месту утечки.

При утечках более 0,01% от счетной концентрации аэрозоля до фильтра считается, что максимально допустимый проскок превышен. Однако для систем фильтрации с интегральной эффективностью в точке $MPPS_{\geq 99,95\%}$ и меньше 99,995% критерий приемлемости равен 0,1%.

Если системы фильтрации имеют интегральную эффективность менее 99,95% в точке $MPPS$, то следует установить другой критерий приемлемости по согласованию между заказчиком и исполнителем.

В.7.3.5 Ожидаемое число частиц

Приемлемое число частиц после фильтра, N_a , при сканировании (этап 1) рекомендуется выбирать 0 или 1.

Величина N_a является нижним доверительным пределом и может быть рассчитана по формуле В.10

$$N_a = N_p - 2\sqrt{N_p}, \quad (\text{В.10})$$

где N_p - ожидаемое среднее число частиц, указывающее на согласованную утечку.

Величина N_p использована в формуле (В.9) и может быть вычислена по формуле (В.11)

$$N_p = (N_a + 2) + 2\sqrt{1 + N_a}. \quad (\text{В.11})$$

Если $N_a=0$, то $N_p=4$. Если $N_a=1$, то $N_p=5,83$.

Примечание - Могут быть выбраны более высокие значения N_a и N_p при возможных ложных счетах частиц при неповрежденном фильтрующем материале.

В.7.3.6 Выбор контрольного аэрозоля до фильтра

В поток воздуха до фильтра следует ввести искусственный полидисперсный аэрозоль, для того чтобы достигнуть требуемой однородной концентрации. Средний диаметр частиц для этого метода должен быть, как правило, от 0,1 мкм до 0,5 мкм со стандартным геометрическим отклонением до 1,7.

Альтернативно могут быть использованы микросферы с соответствующим диаметром в качестве контрольного аэрозоля.

При невозможности введения искусственного аэрозоля следует подавать на фильтры атмосферный аэрозоль.

Примечание - Руководство по выбору материалов для получения аэрозолей дано в С.8.4.

В.7.3.7 Концентрация аэрозоля до фильтра и ее контроль

Концентрация аэрозоля до фильтра должна быть достаточно высокой, чтобы получить практически пригодные скорости сканирования по В.7.3.3. Концентрация аэрозоля до фильтра определяется по формуле (В.12)

$$C_c \geq N_p \cdot S_r / (Q_{vs} \cdot D_p \cdot P_l), \quad (\text{В.12})$$

где C_c - концентрация контрольного аэрозоля до фильтра, частиц/м³;

D_p - размер стороны пробоотборника, параллельной направлению сканирования, см;

P_l - максимально допустимый проскок для испытываемой системы фильтрации по частицам с размером 0,3 мкм;

Q_{vs} - скорость отбора проб счетчиком частиц, м³/с;

S_r - скорость сканирования, см/с.

Основываясь на рекомендуемых размерах пробоотборника и скорости сканирования по В.7.3.2 и В.7.3.3, концентрация аэрозоля до фильтра может быть определена по формуле (В.12).

В большинстве случаев аэрозоль от генератора следует добавлять в поток воздуха до фильтра, чтобы достигнуть необходимой высокой концентрации контрольного аэрозоля. Для проверки таких высоких концентраций может потребоваться система разбавления во избежание превышения допустимой концентрации для счетчика частиц (ошибка совпадения).

Концентрация контрольного аэрозоля может быть изменена за счет изменения скорости сканирования согласно формуле (В.9).

Следует выполнить необходимые измерения для проверки однородности смешивания аэрозоля в потоке приточного воздуха. При первоначальном проведении испытаний следует убедиться в достаточном смешивании аэрозоля. Для проведения такой проверки следует определить и записать все точки ввода аэрозоля и точки отбора проб.

Концентрация аэрозоля непосредственно на входе фильтра не должна меняться в течение времени более чем $\pm 15\%$ от среднего значения. Концентрации меньше среднего значения приведут к снижению

чувствительности по обнаружению малых утечек, в то время как высокие концентрации увеличат чувствительность. Более подробные указания по контролю смешивания аэрозоля с воздухом должны быть определены соглашением между заказчиком и исполнителем.

Если концентрация аэрозоля на входе фильтра меняется в течение времени, то измерения следует продолжать при сканировании на утечку, для того чтобы получить данные для определения числа частиц после фильтра.

В.7.3.8 Методика проверки на утечку установленной системы фильтрации путем сканирования, этап 1

В.7.3.8.1 Общие положения

До проведения испытаний следует проверить скорость потока воздуха по В.2. Если системы работают при различных расходах воздуха, для испытания сканированием следует выбрать наибольшее значение. Испытание проводится путем введения контрольного аэрозоля на вход фильтра(ов) и поиска утечек путем сканирования лицевой поверхности после фильтра и системы крепления с помощью счетчика частиц LSAPC в следующем порядке:

- a) определить концентрацию аэрозоля на входе фильтра по В.7.3.7;
- b) выполнить сканирование пробоотборником со скоростью, не превышающей S_r , по В.7.3.3, незначительно перекрывающими движениями. Пробоотборник следует держать на расстоянии примерно 3 см от лицевой поверхности фильтра или элементов крепления;
- c) сканирование следует выполнять по всей лицевой поверхности каждого фильтра, периметру каждого фильтра, герметики между корпусом фильтра и системой крепления, включая соединения;
- d) измерение концентрации аэрозоля до фильтров следует повторять через достаточные интервалы времени между и после сканирования, чтобы подтвердить стабильность концентрации аэрозоля до фильтра (см. В.7.3.7).

В.7.3.8.2 Измеряемые параметры для двух видов сканирования

Как правило, счетчики частиц предусматривают счет частиц в заданном объеме пробы воздуха. Многие счетчики не могут выдавать данные о счете частиц в течение очень коротких периодов времени при непрерывном измерении.

Таким образом, для условий $N_a=0$ или $N_a=1$ (N_a - допустимое число частиц для данных условий испытаний) следует проводить испытания установленной системы фильтрации на утечку методом сканирования с помощью счетчика частиц LSAPC.

Принимая это условие, испытание на утечку следует выполнять при каждом счете при проведении испытания или в промежутки времени между счетами.

Если счетчик может подавать звуковой сигнал при каждом счете, то утечку можно определять по этому звуку.

Если счетчик может показывать счет частиц в течение очень коротких периодов времени при непрерывной работе, то может использоваться любое значение N_a . Принимается, что утечка отсутствует, если обнаруженное число частиц равно или меньше величины N_a за время D_p / S_r .

Могут использоваться два типа методов сканирования в зависимости от условий испытаний:

1. Метод сканирования (а): выбирают $N_a=0$ для частиц с размерами 0,3 мкм:

- применяется, когда периодичность стационарных повторных измерений ожидается малой;
- метод (а) требует меньших концентраций на входе фильтра, чем метод (b);
- считается, что утечка отсутствует, если счет равен 0; сканирование может быть продолжено.

2. Метод сканирования (b): выбирают $N_a=1$ для частиц с размерами 0,3 мкм:

- применяется, когда может потребоваться стационарное повторение измерений;

- метод (b) требует более высокой концентрации аэрозоля на входе фильтра, чем метод (a), но влияние ошибки счета снижается;

- считается, что утечка отсутствует, если счет равен 0 или 1. Сканирование может быть продолжено.

В.7.3.9 Метод стационарных повторных измерений

В.7.3.9.1 Общие положения

Обнаружение числа частиц, большего чем N_a , указывает на возможную утечку, тогда следует провести повторное измерение в стационарном состоянии.

В.7.3.9.2 Определение утечки при стационарном повторном измерении

а) Число обнаруженных частиц меньше N_{ar} : число обнаруженных частиц за время T_r , равное или меньшее, чем N_{ar} , указывает на отсутствие утечки.

б) Число обнаруженных частиц больше N_{ar} : если число обнаруженных частиц превышает N_{ar} , то может потребоваться стационарное повторное измерение. Если число обнаруженных частиц все еще превышает N_{ar} , то это указывает на утечку в фильтре.

В.7.3.9.3 Определение контролируемых параметров при стационарном повторном измерении

Рекомендуемое время нахождения пробоотборника, T_r , равно 10 с.

Число обнаруженных частиц, указывающее на утечку, N_{pr} , и допустимый счет при стационарном повторном измерении, N_{ar} , вычисляются по формулам (В.13) и (В.14)

$$N_{pr} = C_c \cdot P_f \cdot Q_{vs} \cdot T_r, \quad (\text{В.13})$$

$$N_{ar} = N_{pr} - 2\sqrt{N_{pr}}, \quad (\text{В.14})$$

где C_c - концентрация контрольного аэрозоля до фильтра, частиц/м³;

N_{ar} - допустимое число частиц при стационарном повторном измерении;

N_{pr} - ожидаемое число частиц при стационарном повторном измерении, указывающее на согласованную утечку;

P_f - максимально допустимый проскок для испытываемой системы фильтрации по частицам с размером 0,3 мкм;

Q_{vs} - скорость отбора проб счетчиком частиц, м³/с;

T_r - рекомендуемое время нахождения пробоотборника под точкой с утечкой (проскоком), с.

В.7.3.10 Пример применения

Примеры определения контрольных параметров показаны в таблице В.3. Таблица дает примеры для значений $D_p=1$ см и $W_p=8$ см и скорости сканирования $S_r=5$ см/с и круглого пробоотборника с диаметром 3,6 см и скоростью сканирования $S_r=12$ см/с.

Таблица В.3 - Пример применения методов оценки

Параметры измерений		Прямоугольный пробоотборник (1 смx8 см)		Круглый пробоотборник (диаметр 3,6 см)	
	Вид сканирования	Тип (a)	Тип (b)	Тип (a)	Тип (b)
P_l	Максимально допустимый проскок для испытуемой системы фильтрации по частицам с размером 0,3 мкм	0,0001 (0,01%)		0,0001 (0,01%)	
D_p	Размер стороны пробоотборника ¹⁾ , параллельной направлению сканирования, см	1		2,54	
<p>¹⁾ Для круглого пробоотборника применяется D_p - номинальный размер, параллельный направлению сканирования (примечание ТК 184).</p>					
S_r	Скорость сканирования (скорость движения пробоотборника), см/с	5		12	
Q_{vs}	Скорость отбора проб счетчиком частиц, м ³ /с	0,000472		0,000472	
N_p	Ожидаемое число частиц, указывающее на согласованную утечку с учетом N_a - Этап 1	4,0	5,83	4,0	5,83
N_a	Допустимое число частиц за время T_s при сканировании - Этап 1	0	1	0	1
C_c	Концентрация контрольного аэрозоля до фильтра, частиц/м ³	423728814	617584746	400373682	583544642
N_{pr}	Ожидаемое число частиц за время $T_r = 10$ с при стационарном повторном измерении, указывающее на согласованную утечку с учетом N_{ar} - Этап 2	200,00	291,50	188,98	275,43
N_{ar}	Допустимое число частиц за время $T_r = 10$ с при стационарном повторном измерении - Этап 2 (округленно)	171,72 (171)	257,35 (257)	161,48 (161)	242,24 (242)

В.7.4 Методика испытаний на общую утечку фильтров, установленных в воздуховоды или кондиционеры

Этот метод может использоваться для оценки общей утечки в фильтрах, установленных в воздуховодах. Он может также использоваться для определения общей утечки в многоступенчатой системе фильтрации без

Внимание! Документ в силу не вступил Внимание! Документ официально издан. См. "Статус" Внимание! Дополнительную информацию см. в ярлыке "Примечания" Документ приводится с текстом

проверки отдельных ступеней. Важно учитывать, что этот метод существенно менее чувствителен по обнаружению утечек, чем метод по В.7.2 и В.7.3. На результаты контроля общей утечки влияет общий расход воздуха в системе, поскольку при увеличении расхода воздуха возрастают утечки. Поэтому этот метод следует использовать там, где установленные в воздуховоде фильтры обслуживают менее критичные зоны чистых помещений и где сканирование этих фильтров трудно реализуемо. В критических ситуациях следует использовать метод сканирования.

Примечание - Этот метод не предназначен для испытаний вытяжных HEPA фильтров.

Испытание выполняется путем введения контрольного аэрозоля до фильтров, установленных на удалении от чистого помещения или чистой зоны. В первую очередь следует определить концентрацию частиц до фильтра. Затем следует определить концентрацию частиц в потоке воздуха после фильтра и сравнить ее с концентрацией до фильтра, чтобы определить общую утечку или проскок в системе фильтрации [19].

До проведения этого испытания при первичной аттестации следует проверить скорость потока воздуха по В.2. Сначала следует определить концентрацию аэрозолей по В.7.2.6 (метод с использованием фотометра аэрозолей) или по В.7.3.7 (метод с использованием счетчика частиц LSAPC) для проверки концентрации аэрозоля и его однородности.

Концентрация частиц в аэрозоле после фильтра следует определять в точках, в которых достигнута однородность аэрозоля. Если однородность смешивания не достигается, то проводится несколько измерений в местах с равномерным распределением в согласованной плоскости на расстоянии от 30 см до 100 см после фильтра. Этот метод предусматривает отбор проб в ячейках условной сетки. Расположение точек и число измерений должно быть согласовано заказчиком и исполнителем.

Следует проверять концентрацию частиц контрольного аэрозоля до фильтров через достаточные интервалы времени для подтверждения стабильности источника контрольного аэрозоля (В.7.2.6 и В.7.3.7).

При использовании фотометра определяется локальная утечка для каждой точки измерений после фильтра как процентное отношение к измеренной общей концентрации аэрозоля до фильтра. При использовании счетчика частиц LSAPC следует определить локальные утечки для каждой точки измерений после фильтра для заданного размера частиц как процентное соотношение концентрации частиц на входе фильтра. Каждая концентрация частиц после фильтра должна быть ниже заданной процентной концентрации или определена соглашением между заказчиком и исполнителем.

Ремонт мест утечки может выполняться в соответствии с В.7.6 или методом, согласованным между заказчиком и исполнителем.

Примечание - В случаях, когда требуется проверка на утечку методом сканирования фильтров, установленных в воздуховодах, используются методы по В.7.2 и В.7.3.

В.7.5 Приборы и материалы для испытаний установленных систем фильтрации на утечку

В.7.5.1 Фотометр аэрозолей (С.8.1) ограничен в применении для случаев, когда фоновый счет или концентрации составляют менее 10% от величины, характеризующей утечку.

В.7.5.2 Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC), ограничен в применении для случаев, когда фоновый счет или концентрации составляют менее 10% от величины, характеризующей утечку.

В.7.5.3 Пневматический или термический генератор(ы) аэрозолей служит для получения контрольного аэрозоля в нужных концентрациях и в соответствующем диапазоне размеров (С.8.3).

В.7.5.4 Система разбавления (см. С.5.4).

В.7.5.5 Материалы для получения аэрозолей (см. С.8.4).

Приборы по В.7.5.1-В.7.5.3 должны иметь действующие сертификаты калибровки.

В.7.6 Ремонт и методы ремонта

Ремонт мест утечек допускается только по соглашению между заказчиком и исполнителем. Метод ремонта должен учитывать инструкции производителя оборудования или заказчика.

При выборе материалов для ремонта следует учитывать возможность выделения газов или оседания частиц на продукты или в процессах.

Обнаруженные места утечки в фильтрах, герметиках или системе креплений подлежат ремонту.

Ремонт фильтров или систем крепления может выполняться методами, согласованными между заказчиком и исполнителем.

После завершения ремонта и выдержки необходимого времени следует повторить испытания сканированием в месте утечки принятым методом.

В.7.7 Протоколы испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем должна быть документально оформлена следующая информация и данные согласно разделу 5:

- a) метод испытаний: фотометр аэрозолей или счетчик частиц (LSAPC);
- b) наименование каждого контрольно-измерительного прибора и наличие калибровки;
- c) характеристики фильтра;
- d) специальные условия и/или требования к этому методу испытаний и специальные условия, согласованные между заказчиком и исполнителем;
- e) полученная концентрация аэрозоля до фильтра с указанием точек отбора проб и времени измерений;
- f) скорость отбора проб и размер частиц при применении счетчика частиц LSAPC;
- g) вычисленные средние значения концентрации аэрозоля до фильтра и их распределение;
- h) вычисленные критерии приемлемости для измерений после фильтра;
- i) результаты измерений после каждого фильтра с четким обозначением фильтра, зоны или места измерения;
- j) окончательные результаты испытаний для каждого определенного места;
- k) если утечка не обнаружена, то испытания прошли успешно, в противном случае должно быть указано место утечки, выполнение ремонта и результаты повторного контроля.

В.8 Испытание герметичности ограждающих конструкций

В.8.1 Общие положения

Эти испытания выполняются для того, чтобы обнаружить возможное проникание загрязненного воздуха в чистые зоны из окружающих неконтролируемых зон и проверить на утечку находящиеся под давлением потолки.

В.8.2 Методики испытаний герметичности ограждающих конструкций

В.8.2.1 Испытание с использованием счетчика частиц LSAPC

Следует определить концентрацию частиц в воздухе за пределами чистого помещения непосредственно

вблизи поверхности или двери, которые являются предметом испытания. Концентрация должна быть больше концентрации частиц в чистом помещении в 10^3 раз и составлять, по крайней мере, $3,5 \cdot 10^6$ частиц/м³ для частиц заданных размеров. Если концентрация частиц меньше установленного значения, то следует использовать генератор аэрозолей для достижения требуемого уровня загрязнений.

Для определения утечек сквозь соединения, щели или места прохода трубопроводов 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 внести в протокол и оформить все значения концентрации частиц больше чем 10^{-2} от первоначальной концентрации частиц во внешнем помещении для заданных размеров частиц.

Примечание - Расположение и число контрольных точек определяются по соглашению между заказчиком и исполнителем.

В.8.2.2 Использование фотометра

Следует создать концентрацию загрязнений в воздухе за пределами чистого помещения или оборудования в соответствии с В.7.2.2 до уровня, превышающего показание на шкале фотометра 0,1%.

Утечка имеет место, если показание фотометра превышает 0,01%.

Для определения утечек сквозь соединения, щели или швы 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% от шкалы фотометра.

В.8.3 Оборудование для испытания герметичности ограждающих конструкций

В.8.3.1 Источник искусственных аэрозолей согласно В.7.5 с действующим сертификатом калибровки.

В.8.3.2 Счетчик частиц LSAPC согласно С.8.2 или фотометр согласно С.8.1, которые имеют минимальный пороговый размер частиц не более 0,5 мкм и действующий сертификат калибровки.

В.8.4 Протоколы испытаний

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

- a) типы приборов и данные об их калибровке;
- b) метод сбора данных;
- c) расположение контрольных точек;
- d) состояние(я) чистого помещения;
- e) результаты измерений.

В.9 Измерение статического электричества и генерирования ионов

Внимание! Документ в силу не вступил Внимание! Документ официально издан. См. "Статус" Внимание! Дополнительную информацию см. в ярлыке "Примечания" Документ приводится с текстом

В.9.1 Общие положения

Данные испытания состоят из двух частей. В первой части выполняется измерение статического электричества, во второй - проверка генерирования ионов. При измерении статического электричества определяется уровень статического напряжения на рабочих поверхностях и поверхностях продукта и скорость потери напряжения поверхностями пола, верхними поверхностями рабочих мест или другими элементами чистого помещения или чистой зоны. Способность рассеивать статическое электричество оценивается по поверхностному сопротивлению и сопротивлению утечки на поверхностях. Проверка генерирования 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 снятия (или нейтрализации) статических зарядов и дисбаланса между положительными и отрицательными генерированными ионами.

В.9.2 Методика измерения статического электричества и генерирования ионов

В.9.2.1 Методика измерения статического электричества

В.9.2.1.1 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 прикосновении пробника к заземленной металлической пластине. 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 площади соприкосновения пробника с поверхностью.

Для измерения поверхностного напряжения 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 площадью соприкосновения пробника с поверхностью.

Показания электростатического вольтметра записываются.

Точка измерений или объект измерения согласовываются заказчиком и исполнителем.

В.9.2.1.2 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). Эти величины измеряются при помощи высокоомного омметра.

Поверхностное сопротивление или сопротивление утечки измеряется с помощью электродов, имеющих необходимый вес и размеры. Во время выполнения измерений электроды следует располагать на поверхности образца на необходимом расстоянии друг от друга.

Специальные условия выполнения измерений согласовываются заказчиком и исполнителем.

В.9.2.2 Методика измерения генерирования ионов

В.9.2.2.1 Общие положения

Данный вид испытаний выполняется с целью определения характеристик биполярных генераторов ионов. Испытание состоит в измерении времени разряда и напряжения смещения. Измерение времени разряда выполняется для оценки эффективности снятия статических зарядов при использовании генераторов 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 используются токопроводящие контрольные пластины, электростатический вольтметр, таймер и источник питания (иногда устройство, включающее в себя эти части, называют регистратором заряда пластины).

В.9.2.2.2 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 биполярными генераторами ионов. 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.

В.9.2.2.3 Измерение напряжения смещения

Измерение напряжения смещения выполняется при помощи заряженной 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 до тех пор, как показания вольтметра станут стабильными.

Допустимое значение напряжения смещения, вызванного 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.

В.9.3 Оборудование для контроля статического электричества и генерирования ионов

В.9.3.1 Электростатический вольтметр или измеритель электростатического поля для измерения поверхностного напряжения для контроля статического электричества.

В.9.3.2 Высокоомный омметр для измерения способности рассеивать статическое электричество для контроля статического электричества.

В.9.3.3 Электростатический вольтметр или измеритель электростатического поля и проводящие контрольные пластины или регистратор заряда пластин для испытаний с использованием генератора ионов.

Описание этого оборудования приведено в С.10. Оборудование должно иметь действующие сертификаты калибровки или свидетельство о поверке.

В.9.4 Протоколы 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 (контроля);
- b) данные об используемых приборах и их калибровке;
- c) температуру, влажность и другие параметры окружающей среды, при необходимости;

- d) точки проведения измерений;
- e) состояние(я) чистого помещения;
- f) результаты измерений;
- g) другие данные, относящиеся к испытаниям.

В.10 Контроль осаждения частиц

В.10.1 Общие положения

Данный вид испытаний включает методы и приборы для определения осаждения частиц из воздуха на продукт и другие критические рабочие поверхности в чистом помещении или чистой зоне. Число частиц, которое оседает на данную контрольную поверхность, например, контрольную пластину, в течение заданного времени и их размеры определяют с помощью оптических микроскопов, электронных микроскопов, приборов, сканирующих поверхность, или устройств, определяющих осаждение частиц в реальном времени. Данные по скорости осаждения частиц следует представлять в виде массы, размеров частиц или числа частиц на единицу площади в течение заданного времени.

В.10.2 Методика контроля осаждения частиц

В.10.2.1 Сбор частиц на контрольные пластины

Контрольная пластина должна иметь тот же электрический потенциал, что и контролируемая поверхность. Пластина должна быть помещена в той же плоскости в месте поверхности, представляющем риск в эксплуатируемом состоянии. Эта поверхность находится в зоне, представляющей интерес. При отборе частиц на контрольную пластину или другую контрольную поверхность следует выполнить:

a) проверку правильности функционирования системы вентиляции чистого помещения в соответствии с эксплуатационными требованиями;

b) проверку каждой пластины и ее очистку с целью уменьшения числа частиц на ее поверхности до минимально возможного уровня. Определение фоновой концентрации на каждой контрольной пластине для экспонирования;

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;

d) перемещение всех контрольных пластин в контрольные точки с соблюдением мер предосторожности от загрязнения частицами из воздуха или касания поверхностей;

e) экспонирование контрольных пластин у поверхностей, представляющих риск в чистом помещении, например, там, где продукт открыт для загрязнения частицами;

f) определить интервалы времени для экспонирования контрольных пластин с учетом чистоты воздуха в чистом помещении и приборов счета частиц. Время экспонирования следует выбирать примерно от 1 ч до длительности времени, необходимого для того, чтобы осаждение частиц было достаточным для получения статистически значимых данных;

g) установить контрольные пластины для экспонирования в эксплуатируемом состоянии. Может быть необходимо экспонировать их в течение нескольких циклов производства, чтобы исключить использование пластин в зонах, где открытый продукт отсутствует;

h) закрыть и собрать все экспонированные контрольные пластины после испытаний и хранить их в закрытых контейнерах во избежание дальнейшего загрязнения.

В.10.2.2 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 использовании контрольных пластин число частиц и их размеры могут быть определены одним из следующих методов:

- a) оптический микроскоп с калиброванной линейной или круговой координатной сеткой;
- b) электронный микроскоп с калиброванной сеткой (решеткой) с известным линейным расстоянием;
- c) сканирующий поверхность прибор, калибровка которого по размерам выполняется по инструкции изготовителя.

При использовании контрольной пластины скорость осаждения частиц (PDR) может быть определена следующим образом:

- a) определить число и размеры частиц на контрольных пластинах, включая пластины для контроля фона, и отсортировать их по определенным размерам частиц, основываясь на кумулятивном распределении;
- b) вычесть значения, характеризующие начальную чистоту каждой пластины, из каждого полученного результата;
- c) определить прирост концентрации частиц в данном месте контролируемой зоны и вычислить число частиц, которые осядут за определенное время. При использовании соответствующих единиц измерений результатом вычислений будет PDR, выраженная как число частиц, осевших на 1 м² в секунду.

При выполнении нескольких испытаний определяют среднюю PDR в каждом месте и, если требуется, стандартное отклонение.

В.10.3 Приборы для контроля осаждения частиц

Для определения числа и размеров частиц, осевших на пластины, могут применяться различные приборы, которые могут быть разделены на следующие группы:

- a) оптические микроскопы (для частиц с размерами, равными и более 2 мкм);
- b) электронные микроскопы (для частиц с размерами, равными и более 0,02 мкм);
- c) приборы для сканирования пластин - сканеры (для частиц с размерами, равными и более 0,1 мкм);
- d) приборы для определения скорости PDR (для частиц с размерами, равными и более 5 мкм);
- e) приборы контроля скорости PDR в реальном времени (для частиц с размерами более 15 мкм).

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

В.10.4 Определение времени отбора проб и площади поверхности

Чем меньше скорость PDR, тем больше площадь поверхности экспонирования, A , и время экспонирования, T , требуются. Для правильного определения величины PDR произведение $A \cdot T$ должно быть достаточно большим. Для наибольших размеров частиц, представляющих интерес, предлагается значение 20, см. формулу (В.15)

$$A \cdot T \geq 20, \quad (\text{В.15})$$

где A - площадь поверхности;
 T - время экспонирования.

В.10.5 Протоколы испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем в протокол испытаний включается следующая информация:

- a) виды испытаний (контроля), условия проведения испытаний и состояние чистого помещения;
- b) тип каждого контрольно-измерительного прибора и данные о его калибровке;
- c) точки проведения измерений;
- d) результаты измерений.

В.11 Контроль разделения зон

В.11.1 Общие положения

Рассматриваются методы и приборы, необходимые для оценки защитных свойств специального разделяющего потока воздуха. Испытание может быть выполнено для потока через дверной проем или по периметру зоны с более высоким классом чистоты или для специальных условий, отличающихся от окружающей зоны. Испытание выполняется путем генерирования аэрозоля в менее чистой зоне использования полученной концентрации частиц в качестве величины сравнения и определения концентрации частиц по периметру внутри защищаемой зоны. Это испытание может быть выполнено в разных местах по оцениваемому периметру.

До проведения этого испытания следует выполнить проверку класса чистоты воздуха по частицам в окружающей среде и в защищаемой зоне, чтобы установить исходные уровни концентрации частиц. Концентрация частиц в аэрозоле должна быть достаточно высокой, чтобы оценить степень защиты.

Примечание - Для определения периметра защищаемой зоны могут использоваться методы проверки направления потока воздуха и визуализация потока.

В.11.2 Методика испытаний

В.11.2.1 Получение концентрации сравнения

Для оценки защитных свойств потока воздуха следует генерировать достаточное число частиц. Рекомендации по контрольному аэрозолю приведены в С.5.3. Средний размер частиц должен составлять 0,5 мкм и более, если заказчиком и исполнителем не согласован альтернативный размер.

Должны быть выполнены следующие условия:

- a) проверить, что все системы чистого помещения работают правильно для согласованного состояния чистого помещения;
- b) установить концентрацию подаваемого аэрозоля; число подаваемых частиц определяется исходя из защитного эффекта, подлежащего проверке, и основывается на предполагаемой концентрации частиц в защищаемой зоне. Эта ожидаемая концентрация частиц (при испытании) должна быть по крайней мере в 10 раз больше, чем исходная концентрация в контролируемой точке.

В.11.2.2 Геометрия оборудования

Следует определить геометрию оборудования. Пробоотборник в защищаемой зоне должен находиться на расстоянии не более 0,1 м от границы зоны (воздушного барьера). Пробоотборник для определения искусственно созданной концентрации частиц в менее чистой зоне должен находиться на расстоянии не более 1 м от границы зоны. Генератор аэрозолей должен располагаться на расстоянии от 1 до 1,5 м от пробоотборника счетчика частиц, определяющего концентрацию искусственно поданных частиц.

Примечание - Число мест, в которых определяется защитный эффект, зависит от периметра, формы защищаемой зоны и соглашения между заказчиком и исполнителем.

В.11.2.3 Методика контроля

а) время отбора проб должно быть определено по ИСО 14644-1:2015, А.4.4;

б) генерирование частиц со стороны менее чистой зоны воздушного барьера следует начать, убедившись, что генератор аэрозолей не нарушает воздушный барьер;

с) регистрация концентрации частиц в менее чистой зоне выполняется для каждой взятой пробы. Как минимум, следует отобрать три пробы по 1 мин каждая.

Примечание - При высоких концентрациях частиц может потребоваться система разбавления (дилютер);

д) выполняется регистрация концентрации частиц в защищаемой зоне для каждой взятой пробы. Как минимум, следует отобрать три пробы по 1 мин каждая.

В.11.2.4 Вычисление индекса защиты

Индекс защиты вычисляется по формуле (В.16)

$$PI_x = -\log(C_x / C_{Ref}), \quad (В.16)$$

где C_{Ref} - концентрация частиц сравнения для частиц с размерами $\geq 0,5$ мкм/м³ в ближайшей точке (рекомендуемое значение $> 5 \cdot 10^6$ частиц/м³), частиц/м³;

C_x - средняя концентрация частиц с размерами $\geq 0,5$ мкм в контролируемой точке x , частиц/м³;

PI_x - индекс защиты.

В.11.3 Протоколы испытаний

По соглашению между заказчиком и исполнителем протокол испытаний должен включать следующие данные, как указано в разделе 5:

а) тип каждого контрольно-измерительного прибора и данные о его калибровке;

б) метод получения данных;

с) точки проведения измерений;

д) состояние(я) чистого помещения;

е) результаты измерений.

Приложение С (справочное)

Оборудование для проведения испытаний

С.1 Общие положения

В настоящем приложении установлены требования к измерительному оборудованию, которое применяется

при использовании рекомендованных методов, приведенных в настоящем стандарте.

В таблицах С.1-С.9 приведены минимально необходимые требования для каждого вида оборудования. Все виды оборудования перечислены и пронумерованы в соответствии с приложением В. При планировании испытаний выбор контрольно-измерительных приборов может выполняться по приложению С. В приложении А приведены рекомендуемые виды испытаний чистого помещения и последовательность их выполнения. Выбор контрольно-измерительных приборов выполняется по соглашению между заказчиком и исполнителем.

Это приложение не препятствует использованию улучшенных видов оборудования, если такие имеются. Альтернативные виды контрольно-измерительного оборудования могут быть использованы по соглашению между заказчиком и исполнителем.

Пределы измерения и шкала приборов должны соответствовать области их применения. Приборы должны быть калиброваны в области значений измеряемых параметров. Чувствительность всех приборов (3.1.6) должна быть равна 1.

В настоящем приложении даны минимальные требования к контрольно-измерительным приборам с указанием максимально допустимой ошибки. Ниже приводятся пояснения, как может быть оценена максимально допустимая ошибка для анемометра.

Максимально допустимая ошибка зависит, по крайней мере, от трех факторов:

1. неопределенность калибровки (приведенная в сертификате калибровки);
2. сумма случайных ошибок абсолютных величин (после корректировки систематических ошибок могут остаться случайные ошибки [29]. Каждая из них увеличивает неопределенность измеряемой величины при повторяемых измерениях);
3. дрейф параметром в течение года.

Для целей данного примера неопределенность калибровки равна 0,025 м/с, сумма случайных ошибок - 0,03 м/с, дрейф в течение года - 0,005 м/с.

Сумма всех трех факторов равна 0,06 м/с. Принимая систематическую ошибку, равную 0, это дает оценку для предельной ошибки (максимально допустимых ошибок), равную $\pm 0,06$ м/с.

Примечание - Величина 0,06 м/с не является неопределенностью. Более того, предельное значение ошибки дает интервал, внутри которого может находиться ошибка измерения [29].

С.2 Контроль перепада давления воздуха

С.2.1 Общие положения

Минимальные требования к оборудованию для контроля перепада давления даны в таблице С.1.

Таблица С.1 - Оборудование для контроля перепада давления

Параметр	Минимальные требования
Пределы измерений	Не установлено
Разрешающая способность	0,5 Па (0-49,9 Па)
	1,0 Па (≥ 50 Па)
Максимально допустимая ошибка	2 Па или 5% показаний, выбирается большее значение (Механические датчики могут использоваться для непрерывного контроля, но не для испытаний ввиду их потенциальных ошибок)

С.2.2 Электронный манометр - используется для определения разности давлений между чистым помещением или чистой зоной и их окружениями путем измерения изменения электростатической емкости или электронного сопротивления, отражающих перемещение диафрагмы.

С.2.3 Наклонный манометр - используется для определения разности давлений между двумя точками путем визуального считывания показаний наклонной шкалы, отражающей небольшой перепад давления (высота) в трубке манометра, заполненной такими жидкостями, как вода или спирт. Работа с данным средством измерения требует внимания. Он должен быть установлен по уровню и использоваться в фиксированном положении.

С.2.4 Механический датчик перепада давления - используется для определения разности давлений в двух точках путем измерения величины передвижения иглы, соединенной механическим или магнитным приводом с диафрагмой и отражающей ее перемещение. Работа с данным средством измерения требует внимания. Он должен быть установлен по уровню и использоваться в фиксированном положении.

Следует обратить внимание на пределы измерения при работе с данными приборами.

С.3 Контроль потока воздуха

С.3.1 Прибор для измерения скорости потока воздуха

С.3.1.1 Общие положения

Минимальные требования к приборам для измерения скорости потока воздуха даны в таблице С.2.

Таблица С.2 - Оборудование для измерения скорости потока воздуха

Параметр	Минимальные требования
Пределы измерений	Не установлено
Разрешающая способность	0,01 м/с (0,20-0,99 м/с)
	0,1 м/с ($\geq 1,00$ м/с)
Максимально допустимая ошибка	0,1 м/с (0,20-1,00 м/с)
	10% показаний ($>1,00$ м/с)

С.3.1.2 Термоанемометр - определяет скорость воздуха путем измерения мощности нагрева, необходимой для поддержания фиксированной температуры датчика с электрическим обогревом, помещенного в воздушный поток.

С.3.1.3 Трехмерный ультразвуковой анемометр, или эквивалентный - определяет скорость воздуха путем измерения сдвига частоты звука (изменения скорости звука) между выбранными точками в контролируемом потоке воздуха.

С.3.1.4 Крыльчатый анемометр - определяет скорость воздуха путем измерения скорости вращения крыльчатки анемометра.

С.3.1.5 Статические трубки Пито и манометр - измеряют скорость воздуха путем измерения разности полного и статического давления в определенной точке потока воздуха.

С.3.1.6 Набор трубок - измеряют скорость воздуха по разности полного и статического давления в определенной точке потока воздуха. Набор нескольких трубок позволяет одновременно измерять скорость потока воздуха в условных ячейках поперечного сечения потока и определять среднюю скорость воздуха, используя электрический мультиманометр.

С.3.2 Расходомеры

С.3.2.1 Общие положения

Внимание! Документ в силу не вступил. Внимание! Документ официально издан. См. "Статус" Внимание! Дополнительную информацию см. в ярлыке "Примечания" Документ приводится с текстом

Минимальные требования к оборудованию для измерения расхода воздуха даны в таблице С.3.

Таблица С.3 - Оборудование для измерения расхода воздуха

Параметр	Минимальные требования
Пределы измерений	Не установлено
Разрешающая способность	0,001 м ³ /с
Максимально допустимая ошибка	0,01 м ³ /с (0-0,1 м ³ /с) 10% показаний (>0,1 м ³ /с)

С.3.2.2 Расходомер воздуха в виде раструба (балометр) - измеряет расход воздуха, идущего через сечение, в котором могут быть изменения потока воздуха, и дает значение общего расхода воздуха через это сечение. Весь воздушный поток собирается и концентрируется так, что по скорости в точке измерения можно судить о средней скорости по всему сечению.

С.3.2.3 Диафрагменный расходомер - в соответствии с ИСО 5167-2 [22].

С.3.2.4 Трубка Вентури - в соответствии с ИСО 5167-4 [23].

С.4 Контроль направления потока воздуха и визуализация

С.4.1 Приборы, материалы и принадлежности для контроля направления потока воздуха и визуализации приведены в таблицах В.1 и В.2.

С.4.2 Термоанемометр - по С.3.1.2.

С.4.3 Трехмерный ультразвуковой анемометр, или эквивалентный - по С.3.1.3.

С.4.4 Генератор аэрозолей

С.4.4.1 Общие положения

Генераторы аэрозолей индикаторных частиц при визуализации потока могут быть такими же, как описано в В.3.4. Ниже приведены примеры генераторов частиц и ультразвуковых распылителей.

С.4.4.2 Ультразвуковой распылитель - используется для генерирования аэрозолей (тумана), получаемых путем воздействия сфокусированных звуковых волн на жидкость (например, деионизованную воду) с образованием мелких капель.

С.4.4.3 Генератор тумана - прибор, используемый для генерирования аэрозолей (туманов), термически получаемых из воды деионизованной/гликолей/спиртов.

С.5 Контроль времени восстановления

С.5.1 Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC) - устройство для дискретного счета отдельных частиц в зависимости от их размера по эквивалентному оптическому диаметру.

См. ИСО 14644-1 [1].

С.5.2 Генератор аэрозолей - устройство, генерирующее частицы в диапазоне размеров 0,1-1,0 мкм с постоянной концентрацией за счет теплового, гидравлического, пневматического, акустического, химического или электростатического эффектов.

С.5.3 Вещества для получения контрольного аэрозоля - типовые вещества для распыления в виде аэрозоля, в жидкой или твердой фазе:

- a) полиальфаолефиновое (poly-alpha olefin, PAO) масло, 4 сантистокса PAO;
- b) диоктилсебацинат (dioctyl sebacate, DOS);
- c) ди-2-этилгексилсебацинат (di-2-ethyl hexyl sebacate, DEHS);
- d) диоктил(2-этилгексил)фталат (dioctyl (2-ethyl hexyl) phthalat, DOP₁) (например, CAS N 117-81-7₂);

¹⁾ В некоторых странах DOP для тестирования фильтров не применяется по условиям безопасности.

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

- e) минеральное масло пищевого качества (например, CAS N 8042-47-5);
- f) парафиновое масло (например, CAS N 64742-46-7);
- g) мономеры полистирольного латекса (polystyrene latex, PSL).

Допускается использовать атмосферный аэрозоль, если может быть достигнута требуемая концентрация.

С.5.4 Система разбавления (дилютер) - оборудование, в котором аэрозоль с целью снижения его концентрации смешивается с чистым воздухом в известном объемном соотношении (1:10, 1:100).

С.6 Контроль температуры

Контроль температуры следует выполнять при помощи сенсора, имеющего точность согласно ИСО 7726 [28], например:

a) термометры расширения:

- 1) жидкостной термометр расширения;
- 2) твердотельный термометр расширения;

b) электрический термометр:

1) термометр переменного сопротивления, включая:

- платиновый резистор;
- термистор;

2) термометр, основанный на формировании электродвижущей силы (термопара);

c) термоманометр (работает по принципу изменения давления жидкости при изменении температуры).

Разрешающая способность должна быть не менее 20% от допустимого диапазона изменения температуры для разницы между установленным значением температуры и допустимым отклонением от этого значения.

Примечание - Требования к диапазону, точности и т.д. зависят от назначения чистого помещения или чистой зоны. ИСО 7726 [28] применяется для общих целей.

С.7 Контроль влажности

Контроль влажности следует выполнять при помощи сенсора, имеющего точность согласно ИСО 7726 [28].

Как правило, применяются следующие приборы:

- а) датчик точки росы (например, психрометр);
- б) гигрометр на основе изменения электрической проводимости:
 - 1) литий-хлоридный гигрометр;
 - 2) емкостной гигрометр.

Разрешающая способность должна быть не менее 20% от допустимого диапазона изменения влажности для разницы между установленным значением влажности и допустимым отклонением от этого значения.

Примечание - Требования к диапазону, точности и т.д. зависят от назначения чистого помещения или чистой зоны. ИСО 7726 применяется для общих целей.

С.8 Контроль целостности установленной системы фильтрации

С.8.1 Фотометр аэрозолей - устройство для определения массовой концентрации аэрозолей, мг/м³. Прибор, использующий оптическую камеру с прямым рассеянием света для выполнения этих измерений. Этот прибор может использоваться для непосредственного определения утечки в фильтрах.

Минимальные требования к фотометру аэрозолей приведены в таблице С.4.

Таблица С.4 - Фотометр аэрозолей

Параметр	Минимальные требования
Пределы измерений	От 0,0001 мг/м ³ до 100 мг/м ³
Разрешающая способность	0,0001
Максимально допустимая ошибка	10% от полной шкалы

Размеры пробоотборной трубки (длина и внутренний диаметр) должны соответствовать рекомендациям производителя.

Примечание - Размеры пробоотборника приведены в В.7.2.2.

С.8.2 Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC) по С.5.1.

С.8.3 Генератор аэрозолей по С.5.2.

С.8.4 Вещества для получения контрольного аэрозоля по С.5.3.

С.8.5 Система разбавления (дилютер) см. С.5.4.

С.9 Контроль герметичности ограждающих конструкций

С.9.1 Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC) по С.5.1.

С.9.2 Генератор аэрозолей по С.5.2.

С.9.3 Вещества для получения контрольного аэрозоля по С.5.3.

С.9.4 Система разбавления (дилютер) см. С.5.4.

С.9.5 Фотометр аэрозолей по С.8.1.

С.10 Контроль статического электричества и генерирования ионов

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

Минимальные требования к электростатическому вольтметру приведены в таблице С.5.

Таблица С.5 - Характеристики электростатического вольтметра

Параметр	Минимальные требования
Пределы измерений	$\pm(1-20)$ кВ
Разрешающая способность	10 В (1-20 кВ)
Максимально допустимая ошибка	10% показаний

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

Минимальные требования к высокоомному омметру приведены в таблице С.6.

Таблица С.6 - Характеристики высокоомного омметра

Параметр	Минимальные требования
Пределы измерений	1000 Ом - 20 ГОм
Разрешающая способность	0,01 МОм
Максимально допустимая ошибка	5% от полной шкалы
Напряжение при контроле	От 100 В до 1000 В постоянного тока

С.10.3 Регистратор заряда пластины - устройство для измерения нейтрализационной способности ионизаторов или ионизационных установок.

Минимальные требования к регистратору заряда пластины приведены в таблице С.7.

Таблица С.7 - Характеристики регистратора заряда пластины

Параметр	Минимальные требования
Пределы измерений	± 5 кВ
Разрешающая способность	0,1 В (<100 В), 1,0 В (>99 В)
Максимально допустимая ошибка	5% от полной шкалы

С.11 Контроль осаждения частиц

С.11.1 Материал контрольной пластины - выбор материала зависит от определяемого размера частиц и средств измерения, может использоваться следующее:

- a) микропористые мембранные фильтры;
- b) двухсторонняя адгезирующая лента;
- c) чашки Петри;
- d) чашки Петри с полимером контрастного (черного) цвета, например, полиэфирная смола;
- e) фотографические пленки (пластины);
- f) слайды для микроскопа (гладкие или с напыленной металлической пленкой);
- g) стеклянные или металлические зеркальные пластины;
- h) заготовки полупроводниковых пластин;
- i) стеклянные подложки для масок фотолитографии;
- j) прозрачные пластмассовые пластины.

Контрольные пластины должны быть достаточно гладкими, чтобы обеспечить четкое различение частиц по размерам и убедиться, что частицы легко различимы. Материал контрольных пластин должен быть электростатически нейтральным. Применяемые средства контроля должны различать и измерять размер наименьших частиц, которые должны быть сосчитаны. Прозрачные контрольные пластины не должны содержать дефектов.

Осаждение частиц может быть определено путем измерения зоны, покрытой осевшими частицами, или счетом (и оценкой размеров) частиц, осевших на контрольную пластину. Контроль осаждения частиц может различаться для частиц с размерами, применяемыми для оценки чистоты воздуха (от 0,1 до 5,0 мкм), и для макрочастиц (с размерами равными или большими 5,0 мкм).

Таблица С.8 - Контроль осаждения частиц с помощью анализатора поверхности

Параметр	Минимальные требования
Пределы измерений	Счетная концентрация на поверхности: $1 \cdot 10^6$ частиц/см ² Размер частиц: 0,1-5,0 мкм
Разрешающая способность	Размер частиц: 0,1 мкм
Максимально допустимая ошибка	Размер частиц: 1,0 мкм

Таблица С.9 - Приборы для контроля осаждения макрочастиц

Параметр	Минимальные требования
Пределы измерений	Покрываемая площадь: $1 \cdot 5000 \cdot 10^{-6}$ м ² /м ² Размер частиц: $\geq 5 - \geq 500$ мкм
Разрешающая способность	Покрываемая площадь: $10 \cdot 10^{-6}$ м ² /м ² Размер частиц: 10 мкм

Максимально допустимая ошибка	Покрываемая площадь: $20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{м}^2$ Размер частиц: 20 мкм
-------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

С.11.2 Сканер поверхности пластины - измеряет частицы с использованием лазерного сканера и устройств формирования изображения на основе микроскопа или электромикроскопа для определения размеров обнаруженных частиц.

С.11.3 Фотометр для осажденных частиц (седиментометр) - измеряет общий рассеянный свет от частиц, осевших на темные стеклянные накопительные пластины, и представляет эти данные как коэффициент седиментации, который связан с концентрацией частиц, которые могли бы осесть на критические поверхности.

Калибровка выполняется с помощью флуоресцентных частиц с размерами 4 мкм и 10 мкм или полистирольных микросфер с номинальными размерами 90 мкм и 45 мкм. Площадь измеряемой зоны $<2 \text{ см}^2$.

С.11.4 Счетчик частиц на поверхности - определяет число (и размеры) дискретных частиц, осевших на поверхности, в основе работы лежит эффект рассеяния света.

Площадь контролируемой зоны составляет от $0,2 \text{ см}^2$ до 3 см^2 . Контролируемая зона может быть увеличена путем сканирования. Разрешающая способность по размерам составляет от 0,1 мкм до 25 мкм в зависимости от выбранной оптической системы.

С.11.5 Измеритель осаждения частиц - определяет число частиц и их размеров на стеклянной контрольной пластине. Стекло освещается снизу. Для сканирования заданной зоны используется координатный стол. Для получения распределения частиц по размерам может использоваться визуализационное программное обеспечение. Скорость осаждения может быть определена по распределению частиц по размерам, контролируемой площади и времени экспонирования.

С.11.6 Оптический монитор осаждения частиц

Оптическая система для обнаружения частиц на наклонной поверхности путем контроля изменения интерференционной картины расходящегося лазерного луча. Площадь измерения может составлять от 10 см^2 до 100 см^2 . Коммерчески доступное оборудование имеет, например, контрольную поверхность 60 см^2 . Могут обнаруживаться частицы с размерами $\geq 20 \text{ мкм}$. Картина осаждения частиц проецируется на горизонтальную поверхность.

С.12 Контроль разделения зон

С.12.1 Счетчик аэрозольных частиц, работающий по принципу рассеяния света (LSAPC) по С.5.1.

С.12.2 Генератор аэрозолей по С.5.2.

С.12.3 Вещества для получения контрольного аэрозоля по С.5.3.

С.12.4 Система разбавления (дилютер) по С.5.4.

Библиография

- | | | |
|-----|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [1] | ISO 14644-1:2015 | Cleanrooms and associated controlled environments - Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration |
| [2] | ISO 14644-2 | Cleanrooms and associated controlled environments - Part 2: Monitoring to provide evidence of cleanroom performance related to air cleanliness by particle concentration |

[3]	ISO 14644-4	Cleanrooms and associated controlled environments - Part 4: Design, construction and start-up
[4]	ISO 14644-7:2004	Cleanrooms and associated controlled environments - Part 7: Separative devices (clean air hoods, gloveboxes, isolators and mini-environments)
[5]	ISO 14644-8	Cleanrooms and associated controlled environments - Part 8: Classification of air cleanliness by chemical concentration (ACC)
[6]	ISO 14644-9	Cleanrooms and associated controlled environments - Part 9: Classification of surface cleanliness by particle concentration
[7]	ISO 14644-10	Cleanrooms and associated controlled environments - Part 10: Classification of surface cleanliness by chemical concentration
[8]	ISO 14644-12	Cleanrooms and associated controlled environments - Part 12: Specifications for monitoring air cleanliness by nanoscale particle concentration
[9]	ASME N510-1989	Testing of Nuclear Air-Treatment Systems
[10]	ASTM F24-00	Standard Method for Measuring and Counting Particulate Contamination on Surfaces
[11]	ASTM F50-92	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
[12]	ASTM F312-97	Standard Test Methods for Microscopical Sizing and Counting Particles from Aerospace Fluids on Membrane Filters
[13]	ASTM F1471-93	Standard Test Method for Air Cleaning Performance of a High-Efficiency Particulate Air-Filter System
[14]		Chemical Abstracts Service Registry, Columbus, Ohio, US: American Chemical Society
[15]	EN 1822-2	High efficiency air filters (HEPA and ULPA) - Part 2: Aerosol production, measuring equipment, particle counting statistics
[16]	EN 1822-4	High efficiency air filters (HEPA and ULPA) - Part 4: Determining leakage of filter element (scan method)
[17]	IEST-RP-CC001 6:2016	HEPA and ULPA Filters
[18]	IEST-RP-CC006 3:2004	Testing Cleanrooms
[19]	IEST-RP-CC007 3:2016	Testing ULPA Filters
[20]	IEST-RP-CC021 4:2016	Testing HEPA and ULPA Filter Media
[21]	IEST-RP-CC034 4:2016	HEPA and ULPA Filter Leak Tests
[22]	ISO 5167-2	Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 2: Orifice plates
[23]	ISO 5167-4	Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 4: Venturi tubes
[24]	ISO 5167-5	Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 5: Cone meters
[25]	No JACA 24:1989	Standardization and Evaluation of Clean Room Facilities
[26]	JIS B 9921	Light scattering automatic particle counter. Japanese Industrial Standards Committee
[27]	SEMI E14-93	Measurement of particle contamination contributed to the product from the process or support tool
[28]	ISO 7726	Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities
[29]		Evaluation of measurement data - Guide to the expression of the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:200, corrected version 2010, (GUM)

УДК 543.275.083:628.511:006.354

ОКС 13.040.35
19.020

Ключевые слова: чистые помещения, контролируемые среды, частица, испытания, классификация чистоты, счетчик частиц

Электронный текст документа

Внимание! Документ в силу не вступил Внимание! Документ официально издан. См. "Статус" Внимание! Дополнительную информацию см. в ярлыке "Примечания" Документ приводится с текстом

подготовлен АО "Кодекс" и сверен по:
официальное издание
М.: Стандартинформ, 2020