ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72002— 2025 (ИСО 29462: 2022)

ФИЛЬТРЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Испытания установленных фильтров и фильтрующих систем в условиях применения для определения эффективности улавливания частиц заданного размера и перепада давления

(ISO 29462:2022, Field testing of general ventilation filtration devices and systems for in situ removal efficiency by particle size and resistance to airflow, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД») и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 061 «Вентиляция и кондиционирование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 марта 2025 г. № 222-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 29462:2022 «Испытания установленных фильтров и фильтрующих систем в условиях применения для определения эффективности улавливания частиц заданного размера и перепада давления» (ISO 29462:2022 «Field testing of general ventilation filtration devices and systems for in situ removal efficiency by particle size and resistance to airflow», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5 (подраздел 3.5) и увязки с наименованиями, принятыми в существующем комплексе государственных стандартов

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 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 (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2022
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Испытательное оборудование и его конфигурация 3
5 Оценка места проведения испытаний 7
6 Методика испытаний 7
7 Представление результатов измерений 13
8 Погрешности и анализ результатов измерений 15
9 Вычисление результатов 16
10 Дополнительное испытательное оборудование 19
Приложение А (справочное) Бланк предварительного осмотра фильтрующей установки 23
Приложение В (справочное) Бланк утверждения проведения испытаний 25
Приложение С (справочное) Пример проведения полного испытания 26
Библиография 40

Введение

Настоящий стандарт устанавливает методику испытаний фильтров очистки воздуха общего назначения и фильтрующих систем, находящихся в эксплуатации, для оценки их характеристик в условиях применения. Теоретически любой фильтр с эффективностью фильтрации не менее 99 % или не более 30 % для частиц размером 0,4 мкм может быть испытан в соответствии с настоящим стандартом, но практически для устройств указанного типа затруднительно получить статистически приемлемые результаты.

Воздух, поступающий в системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, содержит жизнеспособные и нежизнеспособные объекты размером в широком диапазоне. Со временем эти объекты становятся причинами сбоев в работе вентиляторов, теплообменников и других частей системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, снижая их функциональность и увеличивая потребление энергии и регулярность технического обслуживания. Наиболее негативное влияние на здоровье оказывают мелкие частицы диаметром менее 2,5 мкм.

Частицы размером от 0,3 до 5,0 мкм обычно анализируют с применением счетчиков частиц, которые позволяют определять содержание в воздухе частиц размерами, принадлежащими заданному диапазону. Эти средства измерений выпускают серийно, и в них реализованы различные принципы измерений для определения размера и содержания частиц (например, рассеяния света, разделения на основе электрической подвижности или аэродинамического сопротивления). Счетчики частиц, основанные на рассеянии света, в настоящее время являются наиболее удобными, и их чаще всего применяют при проведении подобных измерений, в связи с чем методика испытаний, установленная в настоящем стандарте, предусматривает применение счетчиков частиц такого типа.

Частицы размером в диапазоне от 1,0 до 5,0 мкм присутствуют в атмосферном воздухе и воздухе, поступающем в систему отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, в небольшом количестве (менее 1 % по результатам подсчета), а при отборе проб теряются в наибольшем количестве. Поэтому результаты измерений для частиц размером от 1,0 мкм характеризуются меньшей точностью, и их интерпретируют соответствующим образом.

При проведении измерений в условиях эксплуатации установок оптические свойства исследуемых частиц и эталонных частиц, применяемых для калибровки счетчика частиц в лаборатории, могут значительно различаться. Таким образом, счетчик частиц может иначе определять размер частиц, но правильно подсчитывать их общее количество.

Влияние условий измерений может быть скомпенсировано за счет добавления дополнительного опорного фильтра. Результаты измерений, полученные с применением такого усовершенствованного метода испытаний, могут быть использованы для внесения поправок в величину измеренной эффективности улавливания с учетом эффективности улавливания опорного фильтра, измеренной в лаборатории с применением стандартного контрольного аэрозоля.

Результаты испытаний, полученные с применением опорного фильтра или без него, дают возможность пользователям и изготовителям фильтров и фильтрующих систем более точно определять их характеристики.

При проведении измерений в условиях эксплуатации фильтров и фильтрующих систем, как правило, получают большее значение неопределенности результатов по сравнению с измерениями в лаборатории. В реальных условиях неопределенность может быть обусловлена изменчивостью содержания частиц во времени и в пространстве, ограничениями в выборе подходящего места отбора проб из-за конфигурации вентиляционных установок, а также характеристиками применяемых переносных средств измерений. Эти факторы могут привести к снижению точности и прецизионности полученных значений фракционной эффективности по сравнению со значениями, полученными в лаборатории. В настоящем стандарте установлена методика проведения испытаний, применение которой увеличивает точность и прецизионность результатов (и прецизионность результатов количественной оценки) за счет подбора подходящих мест отбора проб, числа проб и средств измерений. Настоящий стандарт не применяют для оценки соответствия характеристик фильтра заданным требованиям, а установленная методика испытаний не эквивалентна лабораторным испытаниям фильтров и не может их заменить.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФИЛЬТРЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Испытания установленных фильтров и фильтрующих систем в условиях применения для определения эффективности улавливания частиц заданного размера и перепада давления

Air filters for general ventilation. Field testing of general ventilation filtration devices and systems for in situ removal efficiency by particle size and resistance to airflow

Дата введения — 2026—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методику испытаний для определения характеристик фильтров очистки воздуха общего назначения в условиях их эксплуатации. К определяемым характеристикам относятся эффективность улавливания частиц заданного размера и перепад давления. Методика испытаний включает измерение и представление в протоколе испытаний значений объемного расхода воздуха в системе.

Методика испытаний предусматривает метод подсчета частиц размером от 0,3 до 5,0 мкм в воздухе до и после устройства (устройств) очистки воздуха, установленного(ых) в функционирующей системе отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Методика испытаний включает пересчет результатов измерений, полученных с помощью счетчика частиц, в значения эффективности улавливания частиц заданного размера.

Поскольку фильтрующие системы сильно различаются по конструкции и форме, настоящий стандарт устанавливает процедуру выбора и оценки пригодности фильтров и фильтрующих систем для проведения испытаний. Если выбранное место для проведения испытаний соответствует минимальным требованиям, необходимым для оценки фильтрующей системы, допускается проводить оценку характеристик в соответствии с настоящим стандартом.

Настоящий стандарт устанавливает требования к характеристикам испытательного оборудования и к процедурам обработки и представления результатов испытаний. Настоящий стандарт не предназначен для определения характеристик переносных или передвижных комнатных воздухоочистителей или для оценки фильтрующих систем с ожидаемой эффективностью улавливания не менее 99 % или не более 30 % для частиц размером 0,4 мкм.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

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

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого

Издание официальное

стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1.1 **обход фильтра очистки воздуха** (air filter bypass): Часть испытуемого потока воздуха, пускаемая в обход воздухоочистителя и не взаимодействующая с воздухоочистителем (испытуемым устройством).

3.1.2 **скорость потока воздуха** (air velocity): Скорость движения воздуха в испытуемом устройстве.

Примечания

1 Скорость потока воздуха выражают в м/с, значение округляют до трех значащих цифр.

2 *См.* [*1*], *3.1.4.*

3.1.3 **максимально допустимое измеряемое содержание для счетчика частиц** (allowable measurable concentration of the particle counter): Пятьдесят процентов верхнего значения диапазона измерений счетной концентрации частиц, установленного изготовителем счетчика частиц.

Примечание — См. [1], 3.2.97.

3.1.4 **коэффициент вариации;** CV (coefficient of variation, CV): Стандартное отклонение для группы результатов измерений, деленное на среднее значение.

Примечание — См. [1], 3.2.28.

3.1.5

ошибка совпадения (coincidence error): Ошибка, возникающая вследствие того, что в заданное время более чем одна частица находится в измерительном объеме счетчика частиц.

Примечание — Ошибка совпадения приводит к слишком низкой измеренной счетной концентрации частиц и слишком высокому значению диаметра частиц.

[*Адаптировано из ГОСТ Р ЕН 14799—2013, статья 3.17*]

3.1.6 **устройство разбавления, система разбавления** (diluter, dilution system): Устройство или система, предназначенные для снижения счетной концентрации частиц для предотвращения ошибки совпадения счетчика частиц.

Примечание — См. [1], 3.2.38.

3.1.7 ***эффективность улавливания*** (*removal efficiency*): Выраженное в долях единицы или в процентах количество загрязнителя, уловленного испытуемым фильтрующим элементом.

3.1.8 **фильтрующая установка** (filter installation): Фильтрующие устройства и системы, например один фильтр или группа фильтров, установленные вместе и имеющие общие вход и выход воздуха.

Примечание — См. [1], 3.2.67.

3.1.9

воздухообмен: Процесс замещения внутреннего воздуха в помещении под действием естественной или механической вентиляции.

Примечание — Количественно воздухообмен определяется объемом воздуха, подаваемым в помещение или удаляемым из него, в единицу времени (как правило, в $м^3/ч$), а также отношением объема подаваемого или удаляемого воздуха за 1 ч к объему помещения (кратность воздухообмена).

[*Адаптировано из ГОСТ Р 70824—2023, статья 3.1.1*]

3.1.10 **изоаксиальный отбор проб** (isoaxial sampling): Отбор проб, при котором поток воздуха в воздухозаборном устройстве движется в том же направлении, что и поток отбираемого воздуха.

Примечание — См. [1], 3.2.87.

3.1.11 **изокинетический отбор проб** (isokinetic sampling): Методика отбора проб воздуха, при котором скорость потока воздуха на входе воздухозаборного устройства равна скорости потока воздуха в точке отбора проб.

Примечание — См. [1], 3.2.88.

3.1.12

счетчик частиц (particle counter): Устройство для обнаружения и подсчета числа дискретных частиц, присутствующих в пробе воздуха.

[*Адаптировано из ГОСТ Р ЕН 14799—2013, статья 3.39*]

3.1.13 **диапазон размеров частиц** (particle size range): Выделенный диапазон размеров частиц, соответствующий измерительному каналу счетчика частиц.

Примечание — См. [1], 3.2.121.

3.1.14 **опорный фильтр** (reference filter): Фильтр из сухого фильтрующего материала, выдержавший лабораторные испытания по определению эффективности улавливания частиц заданного размера.

3.1.15 **эффективность улавливания частиц заданного размера, эффективность улавливания** (removal efficiency by particle size, removal efficiency): Отношение числа частиц заданного диапазона размеров, удержанных фильтром, к числу частиц в воздухе до фильтра.

Примечание — См. [1], 3.2.141.

3.1.16 ***перепад давления*** (*pressure differential*): Разность значений абсолютного (статического) давления между двумя точками аэродинамической системы.

Примечание — Перепад давления выражают в Па.

3.1.17 **эффективность улавливания системы** (system removal efficiency): Эффективность улавливания фильтрующей системы, в которой подсчет частиц происходит до и после нескольких блоков фильтров или других компонентов системы.

Примечание — См. [1], 3.2.156.

3.1.18

высокоэффективный фильтр очистки воздуха, HEPA-фильтр: Фильтр очистки воздуха высокой эффективности, имеющий классификационное обозначение от H10 до H14 по ЕН 1822-1.

Примечание — Высокоэффективный фильтр очистки воздуха (High Efficiency Particulate Air Filter — HEPA).

[*Адаптировано из ГОСТ Р ЕН 14799—2013, статья 3.8.6.3*]

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ОСЧ — оптический счетчик частиц;

УКВ — установка кондиционирования воздуха.

4 Испытательное оборудование и его конфигурация

4.1 Счетчик частиц

Счетчик частиц должен обеспечивать обнаружение частиц размером от 0,3 до 5,0 мкм, минимум в четырех диапазонах размеров, два из которых охватывают размеры частиц менее 1,0 мкм (например: от 0,3 до 0,5 мкм, от 0,5 до 1,0 мкм, от 1,0 до 2,0 и от 2,0 до 5,0 мкм). Сведения о техническом обслуживании и калибровке счетчика частиц приведены в 4.9.

4.2 Система разбавления аэрозоля

Разбавление аэрозоля необходимо, если его содержание в воздухе до счетчика частиц превышает 50 % содержания частиц, соответствующего верхней границе диапазона измерений при ошибке совпадения 5 %. Система разбавления должна обеспечивать разбавление аэрозоля так, чтобы содержание частиц в подаваемом воздухе находилось в пределах допустимого диапазона содержания. Подбирают коэффициент разбавления так, чтобы измеренное содержание частиц находилось в пределах допустимого измеряемого содержания для счетчика, что обеспечивает получение статистически приемлемых результатов (см. 9.1.2). Систему разбавления подключают до и после счетчика частиц. Система разбавления не должна влиять на объемный расход воздуха в счетчике частиц.

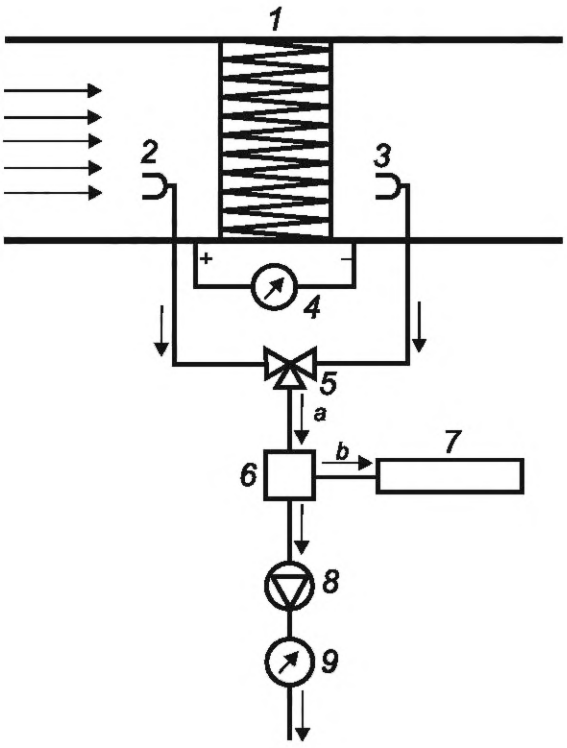
4.3 Побудитель расхода

Побудитель расхода применяют для регулирования объемного расхода воздуха при отборе проб (q_s) в воздухозаборных устройствах. Побудитель расхода не требуется, если объемный расход воздуха в счетчике частиц (q_{pc}) и в устройстве разбавления обеспечивает изокинетический отбор проб. В этом случае объемный расход воздуха при отборе проб (q_s) и объемный расход воздуха в счетчике частиц (q_{pc}) одинаковы.

4.4 Система отбора проб

4.4.1 Основные положения

Основные компоненты системы отбора проб приведены на рисунке 1.



1 — испытуемое устройство; *2* — воздухозаборное устройство до испытуемого устройства;
3 — воздухозаборное устройство после испытуемого устройства; *4* — манометр;
5 — клапан для подключения системы отбора проб; *6* — изокинетический пробоотборник; *7* — счетчик частиц;
8 — побудитель расхода; *9* — расходомер; *a* — направление исходного потока, q_s;
b — направление потока к счетчику частиц, q_{pc}

Рисунок 1 — Система отбора проб

4.4.2 Воздухозаборные устройства

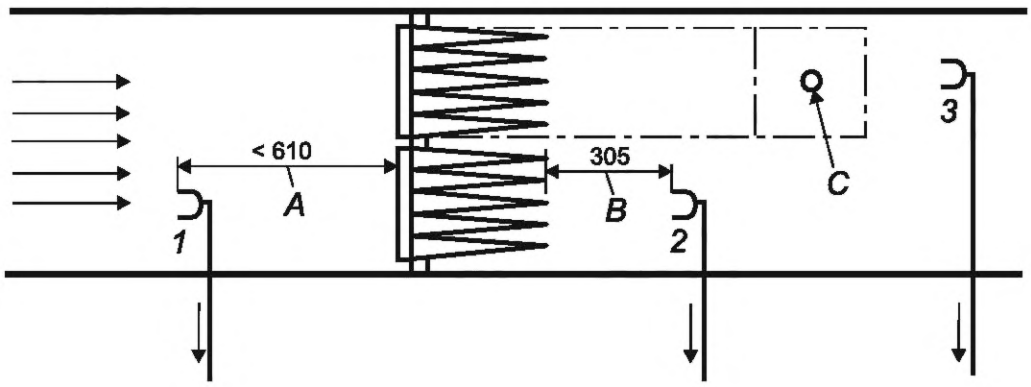
Воздухозаборное устройство должно состоять из остроконечной насадки, соединенной с линией отбора проб, ведущей к вспомогательному побудителю расхода или счетчику частиц. Диаметр насадки зависит от скорости потока (q_s) при отборе проб, необходимого для обеспечения изокинетического отбора проб. Диаметр насадки должен составлять не менее 8 мм.

4.4.3 Линии отбора проб

Линии отбора проб до и после испытуемой системы фильтров должны быть одинаковой минимально возможной длины для предотвращения потерь частиц. Предпочтительно, чтобы материал трубок обеспечивал минимальные потери частиц из фильтрующих систем. Для вычисления потерь частиц в линии отбора проб существует специальное программное обеспечение, указанное в *ГОСТ Р ИСО 14644-3*.

4.4.4 Точки отбора проб

Точки отбора проб располагают на минимальном расстоянии от фильтра (см. рисунок 2). При проведении испытаний для оценки эффективности всей системы точки отбора проб располагают несколько дальше для обеспечения более тщательного перемешивания потоков воздуха, проходящих через фильтры, рамы, люки. Определение эффективности системы — более трудоемкий процесс, поэтому рекомендуется тщательно спланировать измерение и подробно описать, каким образом оно было выполнено.



A — минимальное расстояние от воздухозаборного устройства до фильтра;
B — расстояние от торцевой части фильтра до воздухозаборного устройства;
C — расположение точки отбора проб в плоскости y-z при испытаниях для определения эффективности улавливания фильтра;
1 — воздухозаборное устройство до испытуемого фильтра;
2 — воздухозаборное устройство после испытуемого фильтра при определении его эффективности улавливания;
3 — воздухозаборное устройство после системы фильтров при определении ее эффективности улавливания

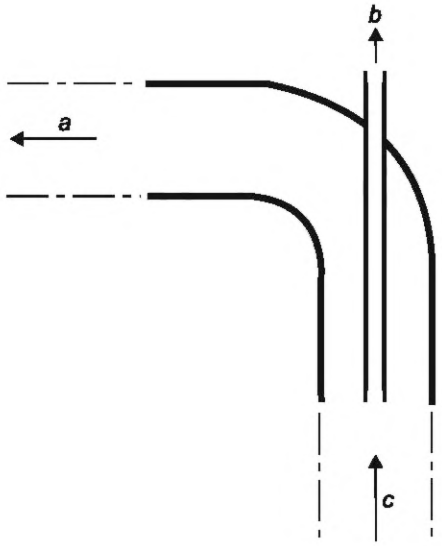
Рисунок 2 — Схема размещения воздухозаборных устройств

4.4.5 Клапан (ручной или автоматический)

Для переключения между линиями отбора проб до и после системы фильтров может быть использован клапан. Клапан должен быть сконструирован и размещен так, чтобы потери частиц были одинаковыми в линиях отбора проб до и после системы фильтров. Не допускается влияние конструкции клапана на эффективность улавливания (например, можно использовать четырехходовые шаровые краны, подходящие по диаметру линии отбора проб).

4.4.6 Изоаксиальная насадка для отбора проб

Если для обеспечения изокинетического отбора проб применяют побудитель расхода (см. 4.3), то линия отбора проб должна быть оснащена изоаксиальной насадкой для отбора проб, напрямую соединенной со счетчиком частиц или системой разбавления (см. рисунок 3).



a — направление потока к побудителю расхода;
b — направление потока к счетчику частиц, q_{pc}; *c* — направление исходного потока, q_s

Рисунок 3 — Изоаксиальная линия отбора проб для счетчика частиц

4.4.7 Расходомер

Расходомер применяют, если побудитель расхода является частью системы отбора проб. Расходомер располагают на входной или выходной линии побудителя расхода.

4.5 Средство измерений скорости потока воздуха

Средство измерений скорости потока воздуха должно иметь широкий диапазон измерений, чтобы охватить все значения скорости потока воздуха в системе. Средство измерений выбирают с учетом [*2*]. Предпочтительно применять средство измерений, обеспечивающее регистрацию результатов измерений и их усреднение. В идеале средство измерений скорости потока воздуха должно обеспечивать приведение результатов измерений к нормальному атмосферному давлению на уровне моря.

4.6 Средство измерений относительной влажности

Средство измерений относительной влажности потока воздуха в системе выбирают с учетом [*2*], а его рабочий диапазон измерений должен охватывать все значения относительной влажности в системе. Предпочтительно применять средство измерений, обеспечивающее регистрацию результатов измерений и их усреднение по времени.

4.7 Средство измерений температуры

Средство измерений температуры потока воздуха в системе выбирают с учетом [*2*], а его рабочий диапазон измерений должен охватывать все значения температуры воздуха в системе. Предпочтительно применять средство измерений, обеспечивающее регистрацию результатов измерений и их усреднение по времени.

4.8 Средство измерений перепада давления

Средство измерений перепада давления на блоке фильтрующих элементов выбирают в соответствии с *ГОСТ Р ИСО 14644-3*, а его рабочий диапазон измерений должен охватывать все возможные значения перепада давления на блоке фильтрующих элементов. Предпочтительно применять средство измерений, обеспечивающее регистрацию результатов измерений и их усреднение по времени.

4.9 Техническое обслуживание и настройка испытательного оборудования

Периодичность технического обслуживания и его вид приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Периодичность технического обслуживания оборудования

Вид обслуживания	При каждом испытании	Ежегодно	После любых изменений, которые могут изменить характеристики
Проверка нулевых показаний счетчика частиц	X		
Проверка нулевых показаний системы отбора проб	X		
Перепад давления	X		
Скорость потока воздуха	X		
Температура, относительная влажность воздуха, поступающего в систему отбора проб и к счетчику частиц	X		
Проверка счетной концентрации частиц до фильтра	X		
Проверка опорного фильтра (на месте)	При необходимости		
Проверка опорного фильтра (в лаборатории)		X	X
Первичная калибровка счетчика частиц		X	X
Настройка средств измерений температуры, относительной влажности, скорости потока воздуха и перепада давления		X[a]	X
Проверка коэффициента разбавления		X	X
Проверка воздухозаборных устройств на предмет повреждений	X		

[a] Или в соответствии с требованиями изготовителя оборудования.

5 Оценка места проведения испытаний

5.1 Основные положения

В настоящем разделе приведен перечень рекомендуемых минимальных требований к месту проведения испытаний для определения эффективности улавливания частиц.

5.2 Предварительная проверка фильтрующей установки

Предварительный осмотр фильтров и вентиляционных установок необходим для определения пригодности выбранной фильтрующей установки для проведения испытаний в соответствии с настоящим стандартом. Предварительная проверка также необходима для выявления каких-либо потенциально опасных условий, исключающих или ограничивающих доступ к приточно-вытяжной установке.

В приложении А приведен перечень факторов, которые необходимо учитывать при предварительном осмотре.

5.3 Допуск к испытаниям

По завершении предварительного осмотра и признания фильтрующей установки пригодной для проведения испытаний представители заказчика испытаний (например, владельца/управляющего объектом) и организации, проводящей испытания, заполняют и подписывают «форму допуска к испытаниям» (образец формы приведен в приложении В).

6 Методика испытаний

6.1 Скорость потока воздуха

В течение всего испытания поддерживают постоянство объемного расхода воздуха в фильтрующей установке. Это возможно, если скорость вращения вентилятора регулируется с помощью частот-

но-регулируемого или электронно-коммутируемого электродвигателя при отсутствии других воздушных регулирующих клапанов. В течение всего испытания установка должна работать в одном режиме расхода наружного воздуха для предотвращения резких скачков показаний счетчика частиц, которые могут повлиять на результаты испытаний.

Скорость потока воздуха у фронтальной поверхности фильтров измеряют подходящим средством измерений, соответствующим требованиям 4.5. Допускается измерять скорость потока воздуха до и после исследуемых фильтров, но предпочтительно после. Поскольку скорость потока воздуха может быть различной в разных частях фильтрующей установки, точки отбора проб выбирают так, чтобы измерения проводились как минимум для 25 % фильтров от общего числа и были равномерно распределены по площади фильтрующей установки. Средство измерений размещают вдали от источников турбулентности потока. Коэффициент вариации скорости потока воздуха (CV) (см. 9.3) должен составлять не более 25 %.

Измерения скорости потока воздуха и испытания для определения перепада давления и эффективности улавливания проводят с минимальной разницей по времени для исключения значительного дрейфа показаний средства измерений скорости потока со временем. Измерения скорости потока воздуха проводят до и после испытаний по определению перепада давления и эффективности улавливания, результаты измерений усредняют.

Пример

1-е испытание: измерение скорости потока воздуха (среднее значение 2,0 м/с);

2-е испытание: измерение перепада давления;

3-е испытание: испытание по определению эффективности улавливания;

4-е испытание: измерение скорости потока воздуха (среднее значение 2,2 м/с).

В приведенном примере среднее значение скорости потока воздуха, которое будет внесено в протокол испытаний, 2,1 м/с.

Периодичность измерений скорости потока воздуха может быть увеличена при проведении испытаний в системах, для которых характерна высокая изменчивость скорости потока воздуха во времени.

6.2 Относительная влажность воздуха

Для измерений относительной влажности воздуха применяют средства измерений, соответствующие требованиям 4.6. Относительная влажность воздуха, проходящего через фильтрующую установку, должна соответствовать рабочему диапазону значений влажности счетчика частиц и/или средства измерений относительной влажности, используемого в течение всего испытания. При определении эффективности системы следует регистрировать относительную влажность в местах расположения датчиков до и после испытуемого фильтра. При измерении эффективности улавливания фильтра относительную влажность измеряют и регистрируют одним из датчиков до или после испытуемого фильтра.

Также относительную влажность регистрируют в месте установки счетчика частиц, например, психрометрическим гигрометром.

6.3 Температура

Для измерений температуры применяют средства измерений, соответствующие требованиям 4.7. Температура воздуха, проходящего через фильтрующую установку, должна находиться в пределах рабочего диапазона температуры счетчика частиц. Если определяется эффективность системы, температура (т. е. температура по сухому термометру) должна быть измерена и зарегистрирована в местах расположения датчиков до и после испытуемого фильтра. При измерении эффективности фильтра температура должна быть зарегистрирована в одном из мест расположения датчиков до или после испытуемого фильтра.

Также температуру регистрируют в месте установки счетчика частиц. Следят за тем, чтобы температура была не слишком низкой или высокой и/или не выходила за пределы нормального рабочего диапазона температур эксплуатации оборудования. Не следует выполнять подсчет частиц при температуре ниже нуля (см. раздел 8).

6.4 Перепад давления

Для измерения перепада давления в фильтрующей установке применяют средства измерений, соответствующие требованиям 4.8. Если установлено оборудование для измерения давления, можно

подключить оборудование для измерения сопротивления воздушному потоку для использования существующих установленных датчиков давления. При использовании имеющихся датчиков необходимо убедиться в том, что они установлены надлежащим образом для измерения статического давления, но не разности между статическим и динамическим давлениями. Для измерения статического давления отверстие зонда должно быть расположено перпендикулярно потоку без препятствий, которые могли бы создать завихрения потока. Если в датчик давления нагнетается воздух, он считывает значения скоростного напора, а не статического давления. Не применяют имеющиеся датчики, если они погнуты, сломаны, забиты, не функционируют или установлены неправильно, чтобы давать точные показания перепада давления только от фильтров. Если перед проведением испытаний имеющиеся зонды не могут быть восстановлены до приемлемого уровня пригодности, их не следует использовать.

Теоретически перепад давления следует регистрировать для каждого блока фильтров отдельно. Однако в некоторых случаях полученное значение представляет собой суммарный перепад давления на нескольких последовательно соединенных фильтрах, поскольку может быть невозможно провести измерение для каждого из фильтров.

Следует получить не менее 25 значений перепада давления в течение не менее двух минут, а затем усреднить их для получения среднего перепада давления. Коэффициент вариации CV для данного набора результатов измерений вычисляют и приводят в протоколе испытаний.

6.5 Эффективность улавливания частиц

6.5.1 Испытания по определению эффективности улавливания

6.5.1.1 Общие положения

В настоящем стандарте установлены требования к испытаниям трех типов.

6.5.1.2 Эффективность фильтра

Целью этого испытания является определение эффективности фильтра(ов) для удаления взвешенных в воздухе частиц. Места отбора проб до и после испытуемого фильтра должны быть выбраны так, чтобы были получены репрезентативные пробы воздуха, проходящего через фильтры.

6.5.1.3 Эффективность системы

Целью данного испытания является определение эффективности системы фильтрации для удаления взвешенных в воздухе частиц. Система фильтрации включает в себя фильтры и фильтроудерживающие рамы. Последующие места отбора проб и/или методы отбора проб должны быть выбраны так, чтобы были получены репрезентативные пробы общего потока воздуха, проходящего через систему фильтрации в целом, в том числе если воздух может пройти через части фильтрующей системы в обход фильтра.

6.5.1.4 Другие испытания в системе

Помимо измерения эффективности улавливания фильтрующей установки в целом настоящий стандарт также может быть использован для сравнения счетной концентрации взвешенных в воздухе частиц в различных секциях приточно-вытяжной установки и, следовательно, для проверки системы вентиляции и кондиционирования воздуха в целом.

Примечание — В настоящем стандарте под другими испытаниями в системе не следует понимать испытания по определению эффективности, поскольку термин «эффективность» подразумевает, что речь идет только о процессах удаления частиц (а не о процессах попадания частиц извне). Если к понятию «система» отнести также дополнительные компоненты системы вентиляции и кондиционирования воздуха на том участке, где находится испытуемый фильтр, подсосы (например, из-за дефектов корпуса вентиляционной установки) могут привести к натеканию загрязненного частицами воздуха и повлиять на измеряемое содержание частиц.

Пример

Рассмотрим следующую приточную установку:

1-й компонент: предварительный фильтр;

2-й компонент: воздухоохладитель;

3-й компонент: приточный вентилятор;

4-й компонент: финишный фильтр.

В данном примере пробы могут быть отобраны до предварительного фильтра и после финишного фильтра для сравнения содержания взвешенных в воздухе частиц до и после группы из четырех компонентов вентиляционной установки. В этом случае под «системой» следует понимать все компоненты, расположенные между точками отбора проб до предварительного и после финишного фильтра.

6.5.2 Методика отбора проб

6.5.2.1 Счетчик частиц

Счетную концентрацию частиц следует измерять с помощью счетчика частиц, соответствующего требованиям 4.1. Для измерения содержания частиц до и после испытуемого фильтра применяют один и тот же счетчик частиц, поскольку нельзя гарантировать одинаковую работу разных средств измерений, если частицы в условиях проведения испытаний отличаются от частиц, применяемых в лабораторных условиях при калибровке.

6.5.2.2 Объем пробы

Пробы для всех испытаний (в том числе, для холостого опыта) отбирают в течение времени, необходимого для отбора *1 дм*^{3} воздуха или в течение 20 с, в зависимости от того, какое время больше. Рекомендуемый объем пробы должен обеспечить число частиц, достаточное для получения статистически приемлемых результатов в соответствии с разделом 9. Для расчета значения эффективности улавливания средняя счетная концентрация частиц на входе для дискретного размера частиц должна составлять не менее $3{,}7 \cdot 10^4$ частиц на *м*^{3}.

В некоторых системах минимальный требуемый объем пробы не дает статистически приемлемых результатов подсчета для всех размеров частиц. В этом случае продолжительность отбора проб может быть увеличена для повышения достоверности результатов измерений. Не всегда можно получить статистически приемлемые результаты для всех диапазонов размеров частиц.

Объем пробы и продолжительность отбора проб не меняют после начала подсчета частиц. Если для повышения статистической достоверности необходимо изменение объема проб или продолжительности отбора, испытание начинают заново, чтобы все пробы были одинакового объема и отбирались в течение периодов времени одинаковой продолжительности.

6.5.2.3 Продувка линий отбора проб

Продувку выполняют один раз перед началом серий измерений до и после испытуемого устройства. Продолжительность продувки должна быть, по крайней мере, в пять раз больше расчетного времени, необходимого для прохождения частицы от воздухозаборного устройства до счетчика частиц.

6.5.2.4 Проверка нулевых показаний счетчика частиц

Перед проверкой эффективности следует проверить фоновое содержание частиц, подключив HEPA-фильтр непосредственно к счетчику частиц и запустив измерения минимум на одну минуту. Суммарная счетная концентрация частиц для всех диапазонов размеров должна составлять менее $1 \cdot 10^4$ частиц на *м*^{3}.

6.5.2.5 Диапазон значений счетной концентрации

После проверки нулевых показаний счетчика частиц проверяют, чтобы содержание частиц до и после испытуемого фильтра находилось в пределах рабочего диапазона средств измерений (счетчика частиц, разбавителя), но было достаточно высоким для получения приемлемой статистической точности результатов (в соответствии с разделом 9). Отбор проб при высоком содержании частиц проводят в соответствии с 6.5.2.9. Применяют разбавление (см. 4.2), если содержание частиц в неразбавленных пробах превышает допустимую измеряемую концентрацию для счетчика частиц. В этом случае фактическое содержание частиц вычисляют с учетом коэффициента разбавления.

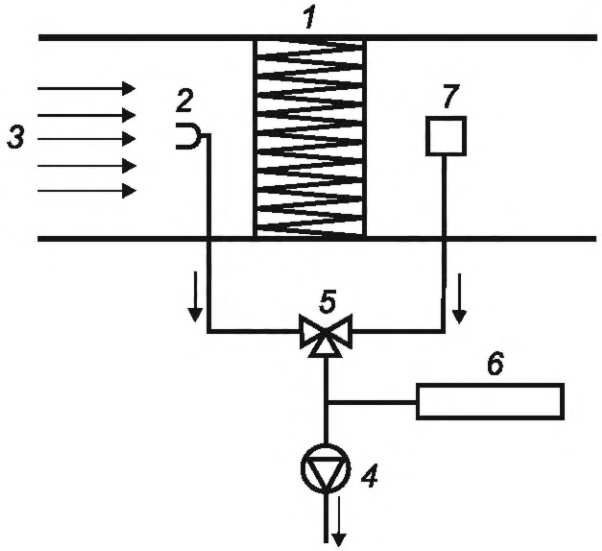
Для каждого измерительного канала счетчика частиц должны быть установлены значения счетной концентрации частиц, соответствующие верхней и нижней границе диапазона измерений (см. 9.1.2).

6.5.2.6 Нулевые показания счетчика частиц для измерительной системы в целом

После проверки значения счетной концентрации частиц, соответствующей верхней границе диапазона измерений, проверяют нулевые показания счетчика частиц для измерительной системы в целом, подключив HEPA-фильтр к пробоотборной насадке после испытуемого устройства, как показано на рисунке 4, и запускают измерение числа частиц продолжительностью не менее одной минуты. Допустимая максимальная концентрация частиц всех размерных диапазонов после испытуемого устройства при подключенном HEPA-фильтре должна составлять не более 0,05 % концентрации до испытуемого устройства или не более $1 \cdot 10^4$ частиц на *м*^{3}. Ниже приведен соответствующий пример.

Пример

Концентрация частиц до фильтра	$3{,}53 \cdot 10^7$ ***частиц на м***^{3}
Максимальная величина утечки	***0,05 %***
Допустимая концентрация частиц в очищенном воздухе	$1{,}8 \cdot 10^4$ ***частиц на м***^{3}



1 — испытуемое устройство; *2* — воздухозаборное устройство до испытуемого устройства; *3* — поток воздуха; *4* — побудитель расхода; *5* — клапан; *6* — счетчик частиц; *7* — HEPA-фильтр после испытуемого устройства

Рисунок 4 — Проверка нулевых показаний счетчика частиц после испытуемого фильтра

6.5.2.7 Изокинетический отбор проб

Источником погрешностей может быть значительное различие скорости потока воздуха в воздухозаборном устройстве и в исследуемом потоке воздуха (т. е. в приточно-вытяжной установке). Для сведения к минимуму этих погрешностей обеспечивают, чтобы оси насадок воздухозаборных устройств были параллельны потоку воздуха, а скорость воздуха в воздухозаборной насадке совпадала со скоростью исследуемого потока. Скорость потока воздуха в пробоотборной насадке можно регулировать, изменяя диаметр и/или число воздухозаборных устройств или объемный расход воздуха в системе отбора проб (см. рисунок 1). При необходимости можно использовать дополнительный побудитель расхода. Допускается применять изоаксиальный отбор проб для счетчика частиц (см. рисунок 3).

Пример — Принимают скорость воздуха равной 1,65 м/с, диаметр зонда равным 13 мм (0,013 м) и вычисляют объемный расход воздуха при отборе проб, м^3/с, по формуле

$$q_c = V \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}, \qquad (1)$$

где V — измеренная скорость потока воздуха, м/с;
d — диаметр пробоотборного зонда, м.

В приведенном примере вычисленный объемный расход воздуха при отборе проб равен $2{,}19 \cdot 10^{-4}$ м^3/с. Значение объемного расхода воздуха в исследуемом воздуховоде не должно отличаться от вычисленного значения объемного расхода при отборе проб более чем на 20 %.

Примечание — Изокинетический отбор проб признан необходимым условием получения репрезентативных проб воздуха, содержащих частицы. При изокинетическом отборе проб скорость потока воздуха в воздухозаборной трубке или устройстве совпадает со скоростью исследуемого потока газа. Если скорость в воздухозаборной трубке мала, то возникают погрешности отбора проб, связанные с тем, что происходит отбор только части потока воздуха в исследуемом сечении воздуховода. Кроме того, если перепад давления и скорость основного потока слишком велики, часть динамического давления может увеличить статическое давление внутри трубы, что приведет к дополнительным погрешностям. Если скорость потока воздуха в пробоотборной насадке слишком высока, то объем пробы будет завышать площадь поперечного сечения потока. Объемный расход воздуха в пробоотборной насадке, составляющий около 20 % объемного расхода воздуха в воздуховоде, позволяет свести по-

грешности к минимуму. Данное значение позволяет найти баланс между вариациями расхода, имеющими место в реальных условиях, и необходимостью провести отбор проб в изокинетических условиях. Применение пробоотборных насадок с аэродинамическим входным сечением и без больших плоских поверхностей может предотвратить унос крупных частиц вследствие соударений с поверхностями за пределы воздухозаборного устройства.

6.5.2.8 Настройка системы отбора проб

Все точки отбора проб должны быть подключены к одной пробоотборной трубке, ведущей к счетчику частиц. Клапан может быть установлен так, чтобы можно было легко переключаться между линиями отбора проб до и после испытуемого устройства. Все пробоотборные трубки, клапаны и отводы должны быть выбраны так, чтобы свести к минимуму отклонение содержания частиц от исходного значения в исследуемом потоке воздуха. Допустимо использовать переносной счетчик частиц, если он соответствует требованиям 4.1 и обеспечивает получение репрезентативной пробы. Для крепления счетчика частиц применяют подставку (например, штатив). Персонал не должен присутствовать в приточно-вытяжной установке во время отбора проб во избежание ошибок отбора проб, связанных с нарушением режима воздушного потока и отбором проб частиц, выделяемых из тела оператора. Дополнительные сведения см. в 6.1.

6.5.2.9 Предварительное измерение содержания частиц

Для определения наиболее подходящего местоположения воздухозаборного устройства для проведения испытаний необходимо оценить изменчивость счетной концентрации частиц в пространстве (т. е. оценить, насколько будет различным содержание частиц на разных участках поперечного сечения воздуховода) и во времени. Для этого перед началом отбора проб для определения эффективности улавливания до и после испытуемого устройства отбирают следующие пробы:

- не менее пяти проб в одной точке — для оценки изменчивости во времени;
- не менее пяти проб в разных точках поперечного сечения воздуховода вблизи поверхности большой фильтрующей установки — для оценки изменчивости в пространстве. Для небольших фильтрующих установок можно использовать меньше точек.

Значительный разброс значений счетной концентрации частиц может привести к снижению точности при расчете фракционной эффективности. В результате если CV (см. 9.3) любого набора результатов измерений превышает 25 % (за исключением случаев, когда среднее число частиц для какого-либо измерительного канала менее 50 %, в этом случае для этих каналов максимальное значение CV составляет 50 %) для любого измерительного канала, то следует предпринять одно из следующих двух действий. Следует либо увеличить число наборов данных, перечисленных в 6.5.2.10, либо признать результаты измерений недействительными. Если для какого-либо измерительного канала счетная концентрация ниже значения, соответствующего нижней границе диапазона измерений (см. 9.1.2), эффективность улавливания не вычисляют.

6.5.2.10 Набор результатов измерений

Каждый набор результатов измерений должен включать результаты измерений для минимум шести отдельных проб для каждой точки отбора проб. Для пробы частиц получают результаты измерений счетной концентрации частиц для каждого диапазона размеров счетчика. Рекомендуется исследовать дополнительные пробы частиц для снижения неопределенности (см. раздел 9).

6.5.2.11 Число серий измерений

Для учета изменчивости концентрации частиц в пространстве и времени выполняют несколько серий измерений. Выполняют минимум четыре серии измерений после и минимум три серии измерений до испытуемого устройства. Серии измерений выполняют попеременно до и после испытуемого устройства, но первую серию измерений проводят после испытуемого устройства. Например, если проводят семь серий измерений, то порядок их будет следующим: после испытуемого устройства, до испытуемого устройства, после испытуемого устройства, до испытуемого устройства, после испытуемого устройства, до испытуемого устройства и после испытуемого устройства. Рекомендуется выполнять дополнительные серии измерений для снижения неопределенности (см. раздел 9).

6.6 Зонды для отбора проб

6.6.1 Расположение пробоотборных зондов

Пробоотборные зонды размещают в точках с наиболее постоянной скоростью потока воздуха. Коэффициент вариации CV измерений скорости потока воздуха в точке отбора проб должен составлять не более 25 %.

6.6.2 Расположение пробоотборных зондов до испытуемого устройства

Пробоотборные зонды до испытуемого устройства располагают так, чтобы обеспечить получение репрезентативной пробы частиц. Входная насадка зонда перед фильтром должна быть расположена на расстоянии около 610 мм от поверхности фильтра (см. рисунок 2).

6.6.3 Расположение пробоотборных зондов после испытуемого устройства. Проверка эффективности фильтра

Для проверки эффективности фильтра входная насадка пробоотборного зонда после фильтра должна быть расположена на расстоянии 305 мм от фильтра и соосна с ним (см. рисунок 2). Если физически невозможно расположить пробоотборную насадку на расстоянии 305 мм от фильтра (например, если этому мешают воздухонагреватели), то допустимо расположить ее на расстоянии менее 305 мм, но нельзя погружать ее в фильтр (например, между складками, в карманы или в фильтрующий материал).

6.6.4 Расположение пробоотборных зондов после испытуемого устройства. Проверка эффективности всей фильтрующей установки

Для проверки эффективности всей фильтрующей установки пробоотборную насадку после испытуемого устройства размещают на максимальном расстоянии от поверхности фильтрующей установки, но перед следующим основным компонентом системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, который может удалять частицы из воздушного потока. Например, если после фильтрующей установки установлены воздухонагреватели, то пробоотборный зонд располагают непосредственно перед ними. Отбор проб выполняют так, чтобы получить репрезентативную пробу потока воздуха, проходящего через всю фильтрующую установку, то есть потока, проходящего через фильтры и любые другие составные части фильтрующей установки. Для этого может потребоваться многоходовое устройство отбора проб. В качестве альтернативы можно отобрать несколько проб в различных точках поперечного сечения воздуховода, равномерно распределенных по всей его площади. Последовательные пробы до и после испытуемого устройства отбирают в одних и тех же точках поперечного сечения воздуховода.

7 Представление результатов измерений

7.1 Общие положения

Полный протокол испытаний должен включать всю информацию, приведенную в «бланке предварительного осмотра фильтрующей установки» (см. таблицу А.1) и «бланке утверждения проведения испытаний» (см. таблицу В.1). Образец заполненного протокола испытаний приведен в приложении С, а заполненные бланки протоколов приведены в таблицах С.1 и С.2. Полный протокол испытаний должен также включать следующую информацию:

a) от представителя объекта:
   - ФИО, адрес, номер телефона, e-mail;
   - тип строения;
   - фильтрующая установка;
   - описание системы вентиляции;

b) об условиях испытаний и характеристиках фильтрующей установки:
   - дата и время проведения испытаний;
   - дата установки фильтра;
   - расположение испытуемого фильтра (фильтров) в блоке;
   - схематическое изображение установки, показывающее расположение точек отбора проб для определения сопротивления потоку воздуха и отбора проб частиц;
   - применялось ли разбавление;
   - расположение пробоотборных зондов: расстояние до испытуемого устройства (мм):
     - до фильтра;
     - после фильтра;
   - применялось ли многоходовое устройство отбора проб после фильтра (при наличии приводят описание/эскиз/фотографию);
   - режим подачи воздуха (соотношение атмосферного воздуха и воздуха из помещения);
   - описание режима работы (ежедневное использование);
   - площадь поверхности фильтра в системе (на блок), $м^2$;
   - другие комментарии (ненормальные или необычные условия, которые могут повлиять на результаты);

c) описание фильтра:
- модель фильтра(ов)/описание;
- номер партии/идентификационный номер для каждого фильтра;
- серийный номер каждого испытуемого фильтра (если эта информация недоступна, то делают пометку «неизвестно»);
- габаритные размеры;
- тип фильтрующего материала (стекловолокно, синтетический материал);
- цвет фильтрующего материала;
- площадь фильтрующего материала, $м^2$;

d) оборудование:
1) счетчик частиц:
- изготовитель и заводской номер;
- дата проведения калибровки;
- расход, $м^3/с$;
- диапазон размеров частиц;
- концентрация частиц, соответствующая ошибке совпадения, — 5 %;
2) средство измерений температуры:
- изготовитель и заводской номер;
- дата проведения калибровки;
3) средство измерений относительной влажности:
- изготовитель и заводской номер;
- дата проведения калибровки;
4) средство измерений перепада давления воздуха:
- изготовитель и заводской номер;
- дата проведения калибровки;
5) средство измерений скорости потока воздуха:
- изготовитель и заводской номер;
- дата проведения калибровки.

7.2 Сводка данных

В протоколе приводят сводку следующих данных:
1) результаты проверки нулевых показаний;
2) результаты предварительных измерений концентрации;
3) результаты измерений скорости потока воздуха:
- среднее значение (значения) скорости потока воздуха для фильтрующей установки; если измерения проводят перед подсчетом частиц и после него, следует указать значения до и после подсчета и среднее значение;
- коэффициент вариации CV для каждой серии измерений скорости потока воздуха;
4) результаты измерений температуры:
- приводят значение температуры воздуха в системе;
- приводят значение температуры воздуха в помещении, где находится счетчик частиц;
5) результаты измерений относительной влажности:
- приводят значение относительной влажности в системе;
- приводят значение относительной влажности воздуха в помещении, где находится счетчик частиц;
6) перепад давления воздуха:
- среднее значение (значения) перепада давления воздуха для фильтрующей установки; если измерения проводят перед подсчетом частиц и после него, следует указать значения до и после подсчета и среднее значение;
- приводят коэффициент вариации CV для каждой серии измерений сопротивления потоку воздуха;
7) эффективность улавливания:
- приводят среднюю эффективность улавливания частиц различного размера для каждого канала размеров частиц счетчика в диапазоне от 0,3 до 5,0 мкм, которую можно получить с помощью счетчика частиц;

- вычисляют и указывают максимальное и минимальное значения неопределенности для каждого канала размеров частиц в диапазоне от 0,3 до 5,0 мкм, которые можно получить с помощью счетчика частиц;

- вычисляют и указывают коэффициент вариации CV для каждого канала размеров частиц в диапазоне от 0,3 до 5,0 мкм, которые можно получить с помощью счетчика частиц;

- вычисляют значение эффективности улавливания (см. раздел 9);

8) исходные данные:

- в итоговый протокол должны быть включены таблицы с результатами измерений проб;

- по запросу должны быть доступны исходные данные по измерениям, в том числе дата, время отбора пробы, показания счетной концентрации частиц для каждого диапазона размеров.

8 Погрешности и анализ результатов измерений

8.1 Общие положения

Для сведения к минимуму погрешностей необходим подробный анализ источников их появления. В настоящем пункте рассмотрены распространенные, но не все возможные источники погрешностей. Кроме того, при проведении измерений в реальных условиях многие из отмеченных ниже факторов, являющихся источниками погрешностей, не могут быть проконтролированы. Проведение нескольких серий измерений и проверка стабильности системы, по крайней мере, обеспечивают сведение любых систематических погрешностей к минимуму.

8.2 Относительная влажность

Высокая относительная влажность воздуха, обычно более 80 %, может привести к колебаниям эффективности и быть причиной увеличения перепада давления воздуха. Высокая относительная влажность воздуха приводит к увеличению размеров гигроскопичных частиц. Частицы могут потерять поглощенную влагу до их обнаружения в измерительной камере счетчика частиц и могут изменить свой размер по сравнению с тем, которым они обладали при прохождении через фильтр. Влажность также может привести к изменению показателя преломления частиц, что повлияет на измеряемый размер. Для внесения соответствующих поправок можно применять усовершенствованный метод испытаний (см. раздел 10).

8.3 Температура воздуха

Условия эксплуатации при температуре вблизи или ниже нуля приводят к промерзанию стационарно установленных пробоотборных зондов и линий, а также к ошибкам в работе счетчика частиц, если они эти условия выходят за пределы нормального рабочего диапазона, а также к конденсации и замерзанию влаги на поверхностях. За исключением случаев, когда требуется оценка производительности системы для этих условий, предпочтительно избегать проведения измерений при этих температурах.

8.4 Состав аэрозоля

Поскольку предпочтительно применять ОСЧ в качестве средства измерений, измеренный размер частиц будет зависеть от показателя преломления и формы частиц. Однако в реальных условиях свойства частиц невозможно проконтролировать. В качестве предупредительной меры измерения не проводят, если поток воздуха содержит темные или сильно пигментированные частицы, например частицы сажи или дыма.

8.5 Однородность содержания аэрозолей

Концентрация частиц в исследуемом потоке воздуха, как правило, изменяется во времени и пространстве. Такие вариации могут привести к погрешностям. Чтобы свести их к минимуму, следуют процедурам оценки системы, описанным в разделах 5 и 6. Результаты оценки изменчивости концентрации во времени и в пространстве приводят в протоколе испытаний.

8.6 Ошибки совпадения. Счетчик частиц

Ошибки совпадения в счетчиках частиц возникают, когда две частицы попадают в видимый объем счетчика и их совпадающие сигналы считываются как один большой сигнал или частица. Это чаще встречается при высоких концентрациях. Производители приборов, как правило, предоставляют данные о концентрациях и ошибках совпадения для своего прибора. Как правило, следует избегать концентраций частиц, превышающих 50 % от максимальной концентрации при ошибке совпадения 5 %. При этих концентрациях требуется разбавление (см. 4.2), чтобы снизить измеряемую счетную концентрацию частиц до допустимых пределов. Максимальная концентрация для счетчика частиц приведена в [3]. При применении разбавления для оценки фактической счетной концентрации частиц требуется калибровка разбавителя по каждому размеру частиц. Не применяют номинальные коэффициенты разбавления.

8.7 Потери частиц

Потери частиц могут возникать в линиях отбора проб в системах разбавления, если они используются, а также в самих приборах. Потери, как правило, значительны для более крупных частиц из-за соударений с поверхностями, для мелких частиц потери вблизи поверхностей минимальны вследствие диффузии. В реальных условиях ожидается, что потери несущественно влияют на результаты испытаний для частиц размером от 0,3 до 1,0 мкм.

Ошибки, связанные с потерями частиц, могут быть сведены к минимуму за счет применения идентичных конфигураций систем отбора проб до и после испытуемого устройства. Система отбора проб включает в себя зонды для отбора проб, трубки и схему распределения потока к прибору(ам). Применение трубок минимальной длины из металла или другого неэлектризуемого материала снижает потери частиц вследствие диффузии потери. Потери более крупных частиц можно свести к минимуму, избегая резких изменений направления потока, используя шаровые краны вместо игольчатых клапанов и обеспечивая плавность изгибов воздуховода. Изокинетический отбор проб (см. 6.5.2.7) обеспечивает сведение к минимуму потерь частиц в точке отбора проб.

Быстро оценить потери частиц на любом участке измерительной системы можно путем измерения концентрации частиц до и после испытуемого устройства или до и после рассматриваемого компонента системы отбора проб. Применяют тот же счетчик частиц, что и при проведении испытаний, и частицы из окружающего воздуха. Если потери в какой-либо части линии отбора проб превышают 5 % или совокупные потери во всех компонентах превышают 10 %, может потребоваться изменение конфигурации системы отбора проб или применение поправочных коэффициентов. Потери частиц в линии отбора проб могут быть оценены с помощью программного обеспечения, указанного в *ГОСТ Р ИСО 14644-3*.

9 Вычисление результатов

9.1 Расчет эффективности улавливания

9.1.1 Общие положения

Каждая серия результатов измерений включает результаты измерений большого числа проб. Серии результатов измерений получают последовательно, начиная серией измерений после испытуемого устройства и далее чередуя серии до и после испытуемого устройства (см. таблицу 2).

Таблица 2 — Пример цикла отбора проб

Номер по порядку	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
После испытуемого устройства	D_1		D_2		D_3		D_4		D_5		D_6		D_7
До испытуемого устройства		U_1		U_2		U_3		U_4		U_5		U_6	

9.1.2 Усреднение результатов измерений в серии

В каждой серии измерений среднее значение для пробы и для каждого диапазона размеров частиц вычисляют по формулам:

$$\bar{U}_{d,c} = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_{d,c,i}}{n}; \quad (2)$$

$$\bar{D}_{d,c} = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_{d,c,i}}{n}, \quad (3)$$

где $\bar{D}_{d,c}$ — среднее значение числа частиц после испытуемого устройства D_d для каждого диапазона размеров частиц;

$\bar{U}_{d,c}$ — среднее значение числа частиц до испытуемого устройства U_d для каждого диапазона размеров частиц;

$D_{d,c,i}$ — число частиц после испытуемого устройства для серии результатов измерений d и диапазона размеров частиц c;

$U_{d,c,i}$ — число частиц до испытуемого устройства для серии результатов измерений d и диапазона размеров частиц c;

d — номер серии результатов измерений (до и после испытуемого устройства);

c — номер диапазона размеров частиц;

n — число проб в серии измерений.

9.1.3 Минимальная концентрация частиц до испытуемого устройства

Для вычисления значения эффективности среднее число частиц до испытуемого устройства, измеренное счетчиком частиц, для любого диапазона размеров должно составлять не менее $3{,}7 \cdot 10^4$ частиц на $м^3$. Если концентрация частиц до испытуемого устройства не соответствует этому минимальному требованию, эффективность удаления для данного диапазона размеров частиц в этой серии измерений следует пометить как «неизвестно». Применение разбавления для снижения концентрации частиц до уровня, соответствующего диапазону измерений счетчика частиц, может привести к тому, что несколько диапазонов размеров для крупных частиц не будут соответствовать этому минимальному критерию.

Минимальную концентрацию частиц до испытуемого устройства вычисляют по формуле

$$\bar{U}_{d,\mathrm{con}} = \frac{\bar{U}_{d,c}}{t_s \cdot q_2}, \quad (4)$$

где $\bar{U}_{d,\mathrm{con}}$ — средняя концентрация частиц до испытуемого устройства для серии измерений d, $\bar{U}_{d,\mathrm{con}} \geq 3{,}7 \cdot 10^4$ частиц на $м^3$;

t_s — продолжительность отбора проб счетчиком частиц, мин;

q_2 — объемный расход воздуха в счетчике частиц, $м^3/мин$.

9.1.4 Эффективность для каждого диапазона размеров частиц

Эффективность для каждой серии измерений до испытуемого устройства для каждого диапазона размеров частиц вычисляют по формуле

$$E_{d,c} = \left[1 - \frac{\left(\frac{\bar{D}_{d,c} + \bar{D}_{d+1,c}}{2}\right)}{\bar{U}_{d,c}}\right] \cdot 100, \quad (5)$$

где $E_{d,c}$ — эффективность улавливания для заданного диапазона размеров частиц для каждой серии измерений до испытуемого устройства;

d — номер серии измерений до испытуемого устройства.

9.1.5 Средняя эффективность для заданного размера частиц

Значения эффективности (см. 9.1.4) усредняют для определения эффективности улавливания частиц заданного размера по формуле

$$\bar{E}_c = \frac{\sum_{i=1}^{d} E_{c,i}}{N}, \tag{6}$$

где $\bar{E}_c$ — среднее значение эффективности улавливания частиц заданного размера для каждой серии измерений до испытуемого устройства;

N — число проб до испытуемого устройства.

9.2 Вычисление неопределенности

9.2.1 Общие положения

Неопределенность в зависимости от средней эффективности улавливания, вычисленной по формуле (*5*), соответствует двустороннему доверительному интервалу среднего значения при уровне доверительной вероятности 95 %. Значения неопределенности также необходимо вычислять для серий измерений сопротивления потоку воздуха и скорости потока воздуха. При этом статистические вычисления учитывают вариации таких измерений, но могут не учитывать вариаций, возникающих вследствие изменений реальных условий.

9.2.2 Предел доверительной вероятности 95 %

Предел доверительной вероятности 95 % для эффективности улавливания вычисляют по формулам:

$$\bar{E}_{\mathrm{lcl},c} = \bar{E}_c - \delta \cdot \frac{t}{\sqrt{n}}; \tag{7}$$

$$\bar{E}_{\mathrm{ucl},c} = \bar{E}_c + \delta \cdot \frac{t}{\sqrt{n}}; \tag{8}$$

$$\delta_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(E_{c,i} - \bar{E}_c\right)^2}{n-1}}, \tag{9}$$

где $\bar{E}_{\mathrm{lcl},c}$ — нижний предел доверительного интервала;

$\bar{E}_{\mathrm{ucl},c}$ — верхний предел доверительного интервала;

δ_c — стандартное отклонение значения эффективности для частиц заданного диапазона размеров;

t — коэффициент Стьюдента (см. таблицу 3);

c — номер диапазона размеров частиц;

n — число значений.

9.3 Коэффициент вариации (CV)

Коэффициент вариации CV представляет собой отношение стандартного отклонения серии результатов измерений к среднему значению [см. формулу (*10*)]. CV показывает степень изменчивости данных в выборке по отношению к среднему значению по генеральной совокупности. Значение CV ниже 25 % обычно является приемлемым для большинства измерений, за исключением отдельных случаев.

$$\mathrm{CV} = \frac{\delta_c}{\bar{E}_c}. \tag{10}$$

Таблица 3 — Значения коэффициента Стьюдента

Номер пробы	Число степеней свободы $v = n - 1$	t
3	2	4,303
4	3	3,182
5	4	2,776
6	5	2,571
7	6	2,447
8	7	2,365
9	8	2,306
10	9	2,262
11	10	2,228
12	11	2,201
13	12	2,179
14	13	2,160
15	14	2,145
16	15	2,131
17	16	2,120
18	17	2,110
19	18	2,101
20	19	2,093
21	20	2,086
22	21	2,080
23	22	2,074
24	23	2,069
25	24	2,064
26	25	2,060
27	26	2,056
28	27	2,052
29	28	2,048
30	29	2,045
Бесконечность	Бесконечность	1,960

10 Дополнительное испытательное оборудование

10.1 Применение дополнительного испытательного оборудования

Дополнительное усовершенствованное испытательное оборудование применяют для того, чтобы проверить корреляцию результатов измерений, полученных в лаборатории и в реальных условиях эксплуатации фильтрующей установки. Проводя в реальных условиях испытания фильтра, который ранее был испытан в лабораторных условиях, но с тем же аэрозолем, можно выявить корреляцию ре-

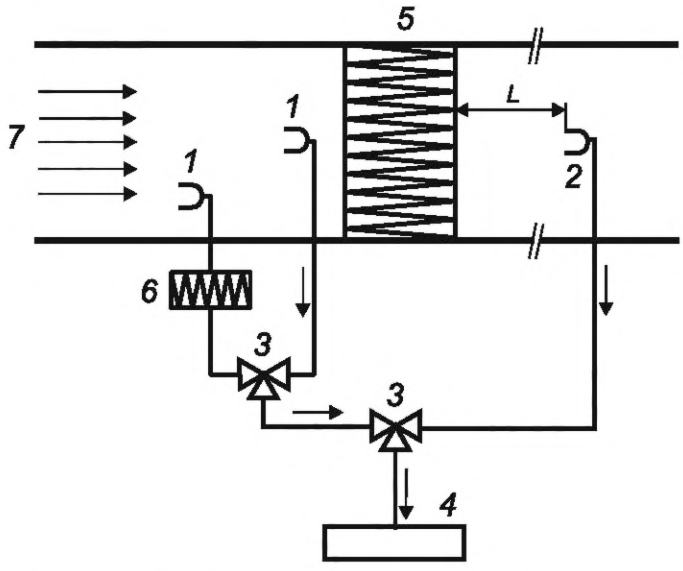
зультатов измерений. Этот метод применяют в том случае, если измеренная скорость потока воздуха и счетная концентрация частиц стабильны, т. е. CV составляет не более 25 %. Коррекцию размера частиц выполняют только в том случае, если счетная концентрация частиц для этого размера статистически стабильна, т. е. CV составляет не более 10 %.

Другой метод получения корреляции результатов испытаний с результатами, полученными в лаборатории, состоит в извлечении образца фильтра из установки после завершения испытаний на месте и отправке его в независимую испытательную лабораторию, которая может провести проверку эффективности улавливания частиц заданного размера. В техническом задании для лаборатории указывают, что испытания фильтра следует проводить без загрузки пыли или выдерживания фильтра и при среднем расходе, измеренном при проведении испытаний в реальных условиях. Сравнение полученных в соответствии с настоящим стандартом результатов измерений эффективности улавливания с результатами, полученными в испытательной лаборатории, для частиц одного диапазона размеров также дает корреляцию.

10.2 Размещение дополнительного испытательного оборудования

Применяя дополнительное испытательное оборудование (см. рисунок 5) можно одновременно измерить эффективность улавливания для фильтрующей установки и опорного фильтра эквивалентной эффективности. Таким образом, можно уменьшить влияние различных условий, влияющих на измерения. Кроме того, результаты могут быть использованы для корректировки измеренной эффективности по отношению к эффективности опорного фильтра, измеренной в лаборатории с использованием стандартного контрольного аэрозоля. Во избежание дополнительных ошибок применяют один и тот же ОСЧ в лаборатории и при проведении испытаний на месте применения. Предпочтительно, чтобы опорный фильтр был такого же типа и уровня эффективности, что и фильтр, подлежащий испытанию на месте.

К дополнительному испытательному оборудованию относятся три линии отбора проб — так, до испытуемого устройства имеются дополнительная линия отбора проб и клапан для подключения линии опорного фильтра. Систему отбора проб аэрозолей используют для измерения счетной концентрации частиц поочередно до и после испытуемого устройства и опорного фильтра. Последовательность измерений приведена в таблице 4. Эффективность улавливания вычисляют как для опорного фильтра, так и для испытуемого устройства в соответствии с разделом 9.



1 — зонд, расположенный до испытуемого устройства; *2* — зонд, расположенный после испытуемого устройства; *3* — клапан; *4* — счетчик частиц; *5* — испытуемое устройство; *6* — опорный фильтр; *7* — поток воздуха; *L* — расстояние между испытуемым устройством и местом проведения испытания после испытуемого устройства

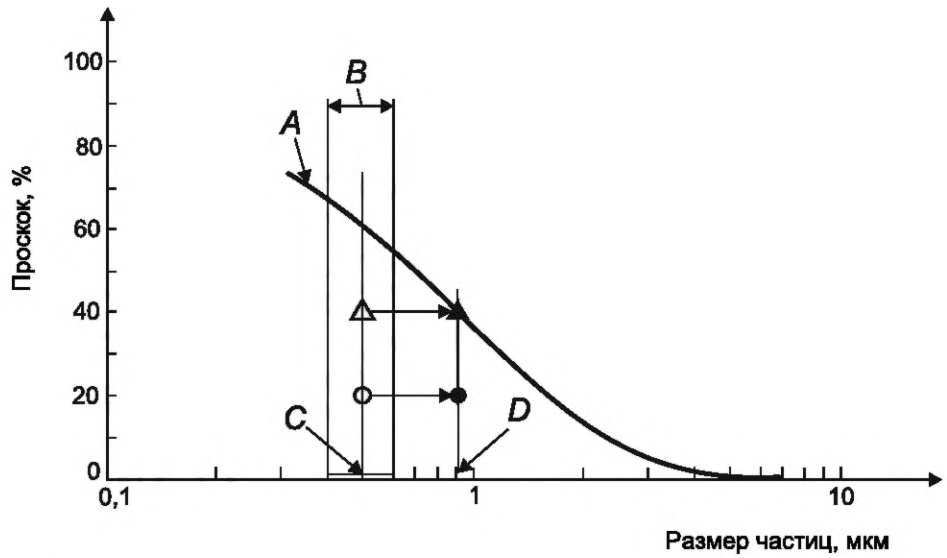
Рисунок 5 — Схема размещения дополнительного испытательного оборудования

Таблица 4 — Пример цикла отбора проб в расширенной измерительной системе

Номер по порядку	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
До испытуемого устройства	D_1			D_2			D_3			D_4			D_5			D_6			D_7
После испытуемого устройства		U_1			U_2			U_3			U_4			U_5			U_6		
Опорный фильтр			R_1			R_2			R_3			R_4			R_5			R_6	

10.3 Определение скорректированного размера частиц

ОСЧ определяет размер частиц на основе их оптических свойств. При проведении измерений в условиях применения фильтров оптические свойства частиц могут отличаться от оптических свойств частиц, используемых при калибровке ОСЧ и лабораторных испытаниях. Таким образом, ОСЧ по-разному определяет размер частиц, но при этом правильно подсчитывает их число. Результирующая кривая зависимости проскока частиц от эффективности улавливания имеет сопоставимые значения эффективности при различных размерах частиц в сравнении с лабораторными результатами. Размеры частиц могут быть скорректированы путем сравнения с лабораторной кривой зависимости проскока частиц от эффективности улавливания для опорного фильтра. Эта процедура проиллюстрирована на рисунке 6 для частиц одного размера.



A — опорный фильтр, градуировочный график, полученный в лаборатории (проскок);
B — измерительный канал ОСЧ;
C — среднее геометрическое измерительного канала оптического счетчика частиц;
D — уточненный размер частиц;
△ — опорный фильтр, результат измерения на месте при размере частиц, равном среднему геометрическому измерительного канала ОСЧ;
○ — испытуемое устройство, результат измерения на месте при размере частиц, равном среднему геометрическому измерительного канала ОСЧ;
▲ — опорный фильтр, результат уточнения размера;
● — испытуемое устройство, результат уточнения размера

Рисунок 6 — Определение уточненного размера частиц

Проскок для опорного фильтра, измеренный для аэрозоля в условиях применения (опорный фильтр, результат измерений для условий применения) для среднего геометрического значения канала ОСЧ, сравнивают с калибровочной кривой, полученной в лаборатории для опорного фильтра для определения скорректированного размера частиц. Скорректированный размер частиц для результа-

тов, полученных в условиях применения для опорного фильтра, — это размер частиц, для которого наблюдается одинаковый проскок на калибровочной кривой для опорного фильтра, полученной в лаборатории. Эту коррекцию размера частиц также проводят для результатов измерений, полученных для испытуемого устройства. Затем процедуру повторяют для всех исследуемых размеров частиц со статистически достоверными данными.

10.4 Представление результатов испытаний

При использовании дополнительного испытательного оборудования в протоколе испытаний кроме информации в соответствии с разделом 7 приводят следующие сведения:

- эффективность улавливания опорного фильтра, измеренная в лабораторных условиях;
- эффективность улавливания опорного фильтра, измеренная с применением аэрозоля в условиях применения;
- эффективность испытуемого устройства, измеренная с использованием аэрозоля в условиях применения;
- эффективность испытуемого устройства, измеренная с использованием аэрозоля в условиях применения и скорректированных размеров частиц.

Приложение А
(справочное)

Бланк предварительного осмотра фильтрующей установки

Таблица А.1 — Бланк предварительного осмотра фильтрующей установки

	Описание установки кондиционирования воздуха	Да	Нет	№ примечания
a	Герметична ли система?			
b	Оснащены ли двери уплотнителями (очень маленькая утечка)?			
c	Дверцы имеются с обеих сторон блоков воздушных фильтров?			
d	Дверцы можно открывать/закрывать изнутри УКВ?			
e	Достаточно ли места до и после блоков фильтров для размещения зондов и проведения измерений?			
f	Достаточно ли места до и после другого оборудования (например, воздухонагревателей, вентиляторов) для размещения приборов и проведения измерений?			
g	Необходимо ли многоходовое устройство отбора проб для измерений после испытуемого устройства?			
h	Установлено ли положение точек отбора проб для блоков фильтров и помечены ли они (до и после блоков)?			
i	Чисто ли внутри установки?			
j	Обеспечен ли доступ к УКВ снаружи?			
k	Обнаружены ли какие-либо опасные условия (например, скользкие участки, выступы на уровне головы, конденсат, химические вещества)?			
l	Обеспечены ли вентиляторы и двигатели защитными кожухами?			
m	Возможно ли обеспечить постоянство расхода воздуха через фильтр на протяжении всего испытания?			
	Описание локальных приборов	Да	Нет	№ примечания
a	Правильно ли работают и откалиброваны дифференциальные датчики давления?			
b	Надлежащим ли образом выровнены отводы для измерения давления? (т. е. не погнуты, не сломаны и не засорены)			
c	Правильно ли работает и откалиброван датчик измерения скорости?			
d	Правильно ли работает и откалиброван датчик температуры?			
e	Правильно ли работает и откалиброван датчик относительной влажности?			

Окончание таблицы А.1

	Описание фильтра/рамы фильтра	Да	Нет	№ примечания
a	Блок 1 — Правильная установка/уплотнение фильтров?			
b	Блок 1 — Крепежные детали на месте?			
c	Блок 1 — Фильтры имеют повреждения?			
d	Блок 2 — Правильная установка/уплотнение фильтров?			
e	Блок 2 — Крепежные детали на месте?			
f	Блок 2 — Фильтры имеют повреждения?			
g	Блок 3 — Правильная установка/уплотнение фильтров?			
h	Блок 3 — Крепежные детали на месте?			
i	Блок 3 — Фильтры имеют повреждения?			
	Описание технических условий	Да	Нет	№ примечания
a	Доступно ли подключение приборов к сети электропитания?			
b	Достаточно ли освещения для работы внутри воздуховода?			
№ примечания	Текст примечания			

Приложение В
(справочное)

Бланк утверждения проведения испытаний

Согласованная заказчиком и испытательной лабораторией (подрядчиком) форма позволяет собирать данные о фильтрующей установке, чтобы обе стороны имели представление о фактических характеристиках системы, что приводит к приемлемой будущей конфигурации фильтрующей установки и ее производительности.

Таблица В.1 — Бланк утверждения проведения испытаний

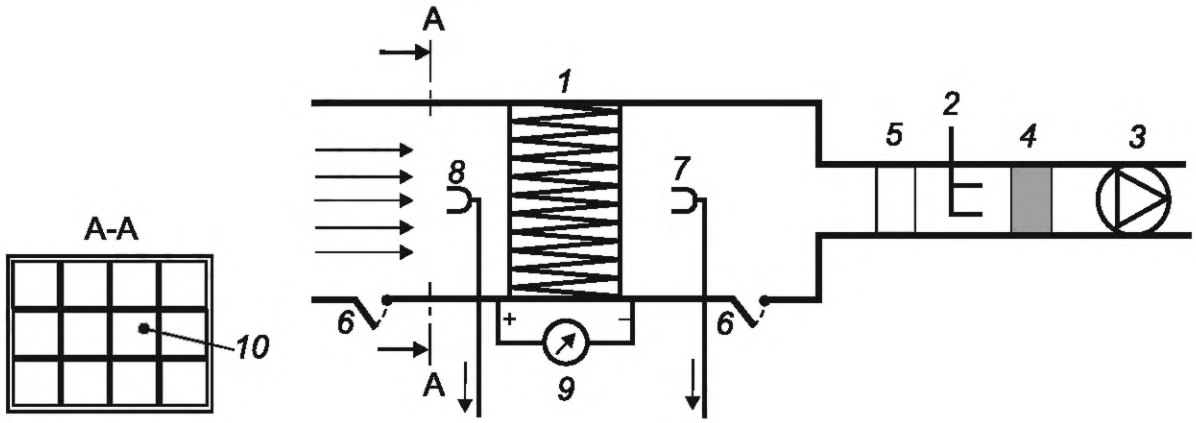
Заказчик:		
Адрес и контактные данные:		
Исполнитель:		
Адрес и контактные данные:		
Номер установки кондиционирования воздуха:		
Измеряемые параметры окружающей среды: (перепад давления воздуха, скорость потока воздуха, температура и относительная влажность)		
Протокол испытания фильтрующей установки: настоящий стандарт		
Комментарии:		
Приемка (выберите один вариант)		
С комментариями:	Без комментариев	Не принято
Представитель заказчика:		
Подпись:		Дата:
Представитель исполнителя:		
Подпись:		Дата:
Испытуемая установка кондиционирования воздуха		
№ позиции	Идентификация строения	Идентификация УКВ

Приложение С
(справочное)

Пример проведения полного испытания

С.1 Общие положения

Проводят испытания фильтрующей установки, показанной на рисунке С.1, состоящей из двенадцати стандартных полноразмерных фильтров (610 мм × 610 мм), установленных одним блоком. Испытания следует проводить в соответствии с методикой, приведенной в разделе 6.



1 — фильтрующая установка; *2* — увлажнитель; *3* — вентилятор; *4* — воздухоохладитель; *5* — воздухонагреватель; *6* — дверца; *7* — пробоотборный зонд после испытуемого устройства; *8* — пробоотборный зонд до испытуемого устройства; *9* — манометр; *10* — расположение точки отбора проб; А—А — поперечное сечение фильтра

Рисунок С.1 — Схематическое изображение фильтрующей установки

С.2 Заполнение подготовительных бланков

С.2.1 Общие положения

Полностью заполняют «бланк предварительного осмотра фильтрующей установки» с примечаниями. Также заполняют «бланк утверждения проведения испытаний». Формы этих бланков приведены в приложениях А и В.

С.2.2 Бланк предварительного осмотра фильтрующей установки

Таблица С.1 — Бланк предварительного осмотра фильтрующей установки

	Описание установки кондиционирования воздуха	Да	Нет	№ примечания
a	Герметична ли система?	X		
b	Оснащены ли дверцы уплотнителями (подсос незначителен, утечка)?	X		
c	Дверцы имеются с обеих сторон блоков фильтров?	X		
d	Дверцы можно открывать/закрывать изнутри УКВ?	X		
e	Достаточно ли места до и после блоков фильтров для размещения зондов и проведения измерений?	X		

Продолжение таблицы С.1

	Описание установки кондиционирования воздуха	Да	Нет	№ примечания
f	Достаточно ли места до и после другого оборудования (например, воздухонагревателей, вентиляторов) для размещения приборов и проведения измерений?	X		
g	Необходимо ли многоходовое устройство отбора проб для измерений после испытуемого устройства?		X	
h	Установлено ли положение точек отбора проб для блоков фильтров и помечены ли они (до и после блоков)?	X		1
i	Чисто ли внутри установки?	X		
j	Обеспечен ли доступ к УКВ снаружи?	X		
k	Обнаружены ли какие-либо опасные условия (например, скользкие участки, выступы на уровне головы, конденсат, химические вещества)?		X	
l	Обеспечены ли вентиляторы и двигатели защитными кожухами?	X		
m	Возможно ли обеспечить постоянство расхода воздуха через фильтр на протяжении всего испытания?	X		
	Описание локальных приборов	Да	Нет	№ примечания
a	Правильно ли работают и откалиброваны дифференциальные датчики давления?		X	2
b	Надлежащим ли образом выровнены отводы для измерения давления? (т. е. не погнуты, не сломаны и не засорены)			Нет данных
c	Правильно ли работает и откалиброван датчик скорости?		X	3
d	Правильно ли работает и откалиброван датчик температуры?		X	4
e	Правильно ли работает и откалиброван датчик относительной влажности?		X	4
	Описание фильтра/конструкции	Да	Нет	№ примечания
a	Блок 1 — Правильная установка/уплотнение фильтров?		X	5
b	Блок 1 — Крепежные детали на месте?		X	6
c	Блок 1 — Фильтры имеют повреждения?	X		
d	Блок 2 — Правильная установка/уплотнение фильтров?			Нет данных
e	Блок 2 — Крепежные детали на месте?			Нет данных
f	Блок 2 — Фильтры имеют повреждения?			Нет данных
g	Блок 3 — Правильная установка/уплотнение фильтров?			Нет данных
h	Блок 3 — Крепежные детали на месте?			Нет данных
i	Блок 3 — Фильтры имеют повреждения?			Нет данных

Окончание таблицы С.1

	Описание технических условий	Да	Нет	№ примечания
a	Имеется ли доступ к сети электропитания?	X		
b	Достаточно ли освещения для работы внутри воздуховода?	X		

№ примечания	Текст примечания
1	Просверлены отверстия для пробоотборных линий
2	Установленные датчики давления показывают значения в диапазоне от 0 до 6225 Па. Невозможно определить сопротивление фильтра потоку воздуха. Их следует заменить датчиками с рабочим диапазоном от 0 до 500 Па
3	Для испытания частотно-регулируемые электроприводы настроены на скорость примерно 2,03 м/с
4	Не установлен
5	В фильтрах отсутствуют уплотнительные прокладки. Прокладки заменяют перед началом испытания
6	Отсутствуют некоторые пружинные крепления. Крепления заменяют перед началом испытания

С.2.3 Бланк утверждения проведения испытаний

Таблица С.2 — Бланк утверждения проведения испытаний

Заказчик: ООО Компания		
Адрес и контактные данные: 123456, г. Москва, ул. Пушкина, стр. 3/2		
Исполнитель: ИП Лаборатория испытаний		
Адрес и контактные данные: 120456, г. Москва, Ленинградский просп., д. 78, пом. 3		
Номер установки кондиционирования воздуха: 2		
Измеряемые параметры окружающей среды: (перепад давления воздуха, скорость потока воздуха, температура и относительная влажность)		
Протокол испытания фильтрующей установки: настоящий стандарт		
Комментарии: Запланировано испытание 2 разных УКВ во время каждого посещения объекта заказчика. Всего запланировано в общей сложности 3 посещения с интервалом примерно в 6—8 недель. Первое испытание будет проведено после установки новых фильтров.		
Приемка (выберите один вариант)		
С комментариями: X	Без комментариев	Не принято
Представитель заказчика: С.А. Иванов		
Подпись: Иванов		Дата: 27.02.2021
Представитель исполнителя: Д.М. Бодров		
Подпись: Бодров		Дата: 27.02.2021

Окончание таблицы С.2

Испытуемая установка кондиционирования воздуха		
№ позиции	**Идентификация строения**	**Идентификация УКВ**
1	Техническое помещение 12 в северном блоке	УКВ 12-01
2	Техническое помещение 12 в северном блоке	УКВ 12-02

С.3 Приемочные испытания

С.3.1 Основные положения

Точки отбора проб располагают так, чтобы влияние завихрений воздушного потока (например, от дверок и стенок) было сведено к минимуму. Измеряют перепад давления воздуха на фильтре, отводы для измерения давления располагают как можно ближе к фильтрам, чтобы влияние статического давления происходило только от фильтров. Измеряют относительную влажность и температуру в непосредственной близости перед фильтрующей установкой и снаружи воздуховода, где расположен счетчик частиц. Измеряют расход воздуха путем определения профиля скорости по всему сечению блока фильтров. В качестве испытуемого устройства выбирают фильтр, расположенный ближе всего к дверце, при скорости, близкой к средней скорости потока воздуха в воздуховоде.

В таблицах С.3—С.27 приведены результаты измерений для этого примера. Объемный расход воздуха в счетчике частиц для всех проб составлял $4{,}7 \cdot 10^{-5}$ м^3/с.

С.3.2 Результаты измерений скорости

Скорость потока воздуха измеряют после каждого фильтра, при этом зонд располагают примерно на расстоянии 200—300 мм от поверхности фильтра. Необходимо следить за тем, чтобы на скорость потока воздуха не влияли завихрения потока, создаваемые операторами.

Таблица С.3 — Результаты измерений скорости потока воздуха

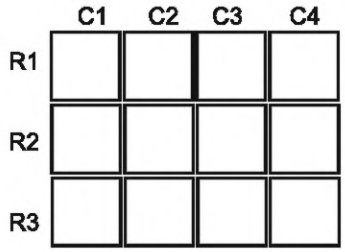
Серия измерений скорости № 1 (перед испытаниями)

Местоположение	Значение, м/с
R1-C1	1,65
R1-C2	2,07
R1-C3	1,86
R1-C4	1,91
R2-C1	2,25
R2-C2	2,32
R2-C3	2,04 [a]
R2-C4	2,13
R3-C1	2,09
R3-C2	2,14
R3-C3	1,95
R3-C4	2,03
Среднее	2,04
CV	8,8 %

[a] Для испытания выбирают положение R2-C3.

Серия измерений скорости № 2 (после испытаний)

Местоположение	Значение, м/с
R1-C1	1,68
R1-C2	2,09
R1-C3	1,83
R1-C4	1,96
R2-C1	2,29
R2-C2	2,2
R2-C3	2,05
R2-C4	2,11
R3-C1	2,09
R3-C2	2,12
R3-C3	1,99
R3-C4	2,07
Среднее	2,05
CV	8,3 %



Средняя скорость потока воздуха 2,04 м/с при среднем значении CV, составляющем 8,5 %, является приемлемой.

С.3.3 Изокинетический отбор проб

Основываясь на среднем значении измеренной скорости потока воздуха (q_s) и принимая диаметр пробоотборного зонда равным 13 мм (*0,013 м*), вычисляют объемный расход воздуха (q_c) по формуле

$$q_c = \frac{(0{,}013)^2 \pi}{4} \cdot 2{,}04. \qquad (С.1)$$

Примечание — Во всех испытаниях q_s принимают равной $2{,}7 \cdot 10^{-4}$ м/с.

С.3.4 Температура и относительная влажность

Температуру и относительную влажность измеряют путем размещения зонда в потоке воздуха и проведения достаточного количества замеров для регистрации средней температуры и относительной влажности.

Полученные данные усредняют для 25 результатов измерений (см. таблицу С.4).

Таблица С.4 — Результаты измерений температуры и относительной влажности

Расположение	Температура, °С	Диапазон измерений температуры[a], °С	Относительная влажность, %	Диапазон измерений относительной влажности [a], %
Внутри воздуховода	20,1	От 1 до 38	55	От 10 до 80
У счетчика частиц	22,3		58	
[a] В соответствии с паспортом средства измерений.				

Исходя из средних значений 25 показаний, температура и относительная влажность находятся в пределах допустимых значений.

С.3.5 Результаты измерений перепада давления

Перепад давления может быть измерен во время измерения эффективности улавливания. Поскольку показания установленного датчика давления не могут быть точно интерпретированы (от 0 до 10 Па), следует применять свои средства измерений перепада давления.

Основываясь на среднем значении из 25 показаний, перепад давлений при CV, равном 3,0 %, составляет 84,6 Па.

С.3.6 Проверка нулевых показаний счетчика частиц

Устанавливают HEPA-фильтр на входе счетчика частиц и проводят подсчет частиц как минимум в течение одной минуты. Если полученное значение содержания частиц ниже максимально допустимого, то испытание считают пройденным.

В таблице С.5 приведены общее число частиц в пробе, отобранной в течение минуты.

Таблица С.5 — Результаты определения нулевых показаний счетчика частиц

Проведено измерений (все каналы)	Вычисленная концентрация, число частиц на $м^3$	Максимально допустимая концентрация, число частиц на $м^3$
7	2500	10 000

Результаты показывают, что нулевые показания счетчика частиц являются приемлемыми.

С.3.7 Изменчивость концентрации частиц до испытуемого устройства

С.3.7.1 Предварительная оценка изменчивости концентрации частиц в поперечном сечении воздуховода

Используя счетчик частиц и зонд, расположенный до испытуемого устройства, измеряют концентрацию частиц в пяти точках поперечного сечения воздуховода. Выбранные точки отбора проб соответствуют обозначениям R1-C2, R1-C4, R2-C1, R2-C3 и R3-C2 на рисунке, приведенном в С.3.2. Отбирают как минимум одну пробу в течение 20 секунд в каждой выбранной точке и определяют среднее число частиц и CV для серии результатов измерений. Максимально допустимое значение CV составляет 25 %, если только среднее число частиц для любого канала размеров частиц составляет не менее 50. Для таких каналов предельное значение CV составляет 50 % (см. таблицу С.6).

Таблица С.6 — Данные об изменчивости концентрации частиц в поперечном сечении воздуховода

Диапазон размеров, мкм	Дифференциальные данные, число частиц (отбор проб 20 с, одна точка отбора проб)					Среднее число частиц	Стандартное отклонение	CV, %	Максимальное значение CV, %	Выдержал/ не выдержал
	R1-C2	R1-C2	R1-C2	R1-C2	R1-C2					
От 0,3 до 0,5	19 851	16 333	19 724	18 793	16 812	18 303	1640,1	9,0	25	Выдержал
От 0,5 до 0,7	9123	7683	8732	7981	8222	8339	592,1	7,1		Выдержал
От 0,7 до 1,0	1456	1186	1379	1313	1096	1286	145,2	11,3		Выдержал
От 1,0 до 2,0	623	434	564	411	368	480	108,3	22,6		Выдержал
От 2,0 до 5,0	31	18	27	25	16	23	6,3	26,8	50	Выдержал
> 5,0 [a]	8	4	6	4	3	5	2,0	40,0		Выдержал
Общее	31 092	25 613	30 432	28 527	26 517	28 436	—	—	—	—
[a] Дополнительные данные.										

Значение CV для всех шести каналов размеров частиц является приемлемым.

С.3.7.2 Предварительная оценка изменчивости концентрации частиц во времени

Используя счетчик частиц и зонд, расположенный до испытуемого устройства, измеряют концентрацию частиц в выбранных точках (см. С.3.2). Проводят как минимум пять измерений в течение 20 секунд каждый и определяют среднюю концентрацию частиц и CV для серии результатов измерений. Максимально допустимое значение CV составляет 25 %.

Таблица С.7 — Данные об изменчивости концентрации частиц во времени

Диапазон размеров, мкм	Дифференциальные данные, число частиц (отбор проб 20 с, одна точка отбора проб)					Среднее число частиц	Стандартное отклонение	CV, %	Максимальное значение CV, %	Выдержал/не выдержал
	R1-C2	R1-C2	R1-C2	R1-C2	R1-C2					
От 0,3 до 0,5	18 143	17 880	18 967	20 461	19 488	18988	1044,3	5,5	25	Выдержал
От 0,5 до 0,7	8432	7987	8321	8765	8028	8307	318,5	3,8		Выдержал
От 0,7 до 1,0	1100	985	1322	1213	966	1117	151,5	13,6		Выдержал
От 1,0 до 2,0	527	489	543	518	477	511	27,2	5,3		Выдержал
От 2,0 до 5,0	35	32	41	37	32	27	9,1	33,2	50	Выдержал
> 5,0 [a]	5	7	6	8	4	6	1,6	26,4		Выдержал
Общее	28 236	27 367	29 194	31 002	28 980	28 956	—	—	—	—
[a] Дополнительные данные.										

Значение CV для всех шести каналов размеров частиц является приемлемым.

С.3.7.3 Минимальная концентрация до испытуемого устройства

Результаты измерений, полученные для каждого канала размеров частиц в соответствии с С.3.7.2, преобразуют в концентрации и сравнивают с минимальным значением для представления данных об эффективности.

Значения минимальной концентрации до испытуемого устройства приведены в таблице С.8.

Таблица С.8 — Данные о минимальной концентрации частиц до испытуемого устройства

Диапазон размеров, мкм	Среднее число частиц	Концентрация частиц, число частиц на $м^3$	Минимальная концентрация частиц, число частиц на $м^3$	Выдержал/не выдержал
От 0,3 до 0,5	18 988	$2,02 \cdot 10^7$	$3,7 \cdot 10^4$	Выдержал
От 0,5 до 0,7	8307	$8,837 \cdot 10^6$		Выдержал
От 0,7 до 1,0	1117	$1,189 \cdot 10^6$		Выдержал
От 1,0 до 2,0	511	$5,43 \cdot 10^5$		Выдержал
От 2,0 до 5,0	27	$2,9 \cdot 10^4$		Не выдержал
> 5,0 [a]	6	$6 \cdot 10^3$		Не выдержал
Общее	28956	—	—	—
[a] Дополнительные данные.				

Значения концентрации для первых четырех диапазонов размеров частиц, указанных в таблице С.8, являются приемлемыми и проведение разбавления не требуется. Однако в протокол не следует заносить данные об эффективности для диапазонов размеров от 2,0 до 5,0 мкм или от 5,0 до 20 мкм.

С.3.7.4 Предел концентрации частиц

Используют совокупные данные, полученные в соответствии с С.3.7.2 путем проведения как минимум пяти измерений в течение 20 секунд каждый и определения средней концентрации частиц и CV для набора данных.

Данные о максимальной концентрации до испытуемого устройства приведены в таблице С.9.

Таблица С.9 — Данные о максимальной концентрации до испытуемого устройства

Номер измерения	Совокупные данные, число частиц (отбор проб 20 с)	Концентрация до испытуемого устройства, число частиц на $м^3$	Максимальная концентрация частиц [a], число частиц на $м^3$
1	28 236	23 987	35 300
2	27 367	29 114	
3	39 194	31 057	
4	31 002	32 981	
5	28 980	30 830	
Среднее	28 956	30 804	
[a] Определяют как 50 % от максимальной концентрации, указанной изготовителем счетчика частиц.			

Средняя концентрация является приемлемой и проведение разбавления не требуется.

С.3.8 Проверка нулевых показаний системы

В системе устанавливают высокоэффективный HEPA-фильтр очистки воздуха непосредственно на входе зонда после испытуемого устройства и запускают измерение показаний в течение одной минуты. Если измеренная концентрация не превышает 0,05 % от концентрации, полученной в соответствии с С.3.7, то испытание считается пройденным.

Данные, приведенные в таблице С.10, демонстрируют общее число частиц в пробе, отобранной в течение одной минуты.

Таблица С.10 — Данные о проверке нулевых показаний системы

Проведено измерений (все каналы)	Измеренная концентрация, число частиц на $м^3$	Концентрация до испытуемого устройства, число частиц на $м^3$	Допустимая концентрация, число частиц на $м^3$
12	4300	$3,0804 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^4$

Нулевые показания системы являются приемлемыми, поскольку измеренная концентрация частиц составляет менее 0,05 % от концентрации до испытуемого устройства.

С.4 Данные об эффективности улавливания

С.4.1 Общие положения

Для определения эффективности улавливания необходимо собрать минимум четыре набора данных измерений в точке до фильтра и три набора данных после этого фильтра. Каждый набор данных состоит из шести проб с продолжительностью отбора 20 секунд каждая. Каждая проба частиц содержит данные о подсчете частиц для каждого канала размеров частиц.

С.4.2 Результаты измерений, полученные после фильтра

Зонд располагают на расстоянии 305 мм от задней панели испытуемого устройства в центре фильтра.

Таблица С.11 — Эффективность улавливания — данные от измерений после фильтра

Диапазон размеров, мкм	Набор данных 1, собранных после фильтра, число частиц						Среднее число частиц
	1	2	3	4	5	6	
От 0,3 до 0,5	5004	5124	4873	6023	5290	5348	5277
От 0,5 до 0,7	1702	1721	1647	1818	1857	1750	1749
От 0,7 до 1,0	155	142	138	165	176	161	156
От 1,0 до 2,0	42	43	32	38	35	28	36
От 2,0 до 5,0	1	0	1	2	0	1	1
> 5,0 [a]	0	0	1	1	0	0	0
Общее	6904	7030	6692	8047	7358	7288	7220
[a] Дополнительные данные.							

С.4.3 Результаты измерений, полученные до фильтра

Зонд располагают на расстоянии 450 мм от передней панели испытуемого устройства в центре фильтра.

Таблица С.12 — Эффективность улавливания — данные от измерений до фильтра

Диапазон размеров, мкм	Набор данных 1, собранных до фильтра, число частиц						Среднее число частиц
	1	2	3	4	5	6	
От 0,3 до 0,5	19 472	19 813	17 709	19 874	19 038	17 175	18 847
От 0,5 до 0,7	8653	8843	7789	8727	8011	7943	8328
От 0,7 до 1,0	1267	1198	954	1231	1032	1001	1114
От 1,0 до 2,0	612	585	510	564	417	377	511
От 2,0 до 5,0	34	31	21	30	25	18	27
> 5,0 [a]	8	8	4	6	4	3	6
Общее	30 046	30 478	26 987	30 432	28 527	23 517	28 831
[a] Дополнительные данные.							

С.4.4 Данные от подсчета частиц

Наборы данных собирают, последовательно чередуя измерения до и после испытуемого фильтра до тех пор, пока не будут собраны все необходимые данные. В таблице С.13 приведены средние значения числа частиц для каждого канала размеров частиц.

Таблица С.13 — Эффективность улавливания — данные от всех измерений

Диапазон размеров, мкм	Средние значения наборов данных, дифференциальные частицы							Среднее значение до фильтра, число частиц	Среднее значение после фильтра, число частиц
	D_1	U_1	D_2	U_2	D_3	U_3	D_4		
От 0,3 до 0,5	—	18 847	—	18 756	—	17 980	—	18528	—
	5277	—	5428	—	5127	—	5102	—	5234
От 0,5 до 0,7	—	8328	—	8398	—	8178	—	8301	—
	1749	—	1827	—	1701	—	1698	—	1744
От 0,7 до 1,0	—	1114	—	1201	—	1056	—	1124	—
	156	—	171	—	151	—	146	—	156
От 1,0 до 2,0	—	511	—	499	—	453	—	488	—
	36	—	41	—	31	—	28	—	34
От 2,0 до 5,0	—	27	—	26	—	18	—	24	—
	1	—	2	—	1	—	0	—	1
> 5,0 [a]	—	6	—	7	—	3	—	5	—
	0	—	1	—	0	—	0	—	0
Общее	7219	28 833	7470	28 887	7011	27 688	6974	—	—
[a] Дополнительные данные.									

С.4.5 Вычисление эффективности улавливания

Таблица С.14 — Эффективность улавливания — данные вычислений

Диапазон размеров, мкм	Вычисленная эффективность, %			Средняя эффективность, %	Стандартное отклонение	95 %-ный верхний предел доверительного интервала	95 %-ный нижний предел доверительного интервала	CV, %
	1	2	3					
От 0,3 до 0,5	71,6	71,9	71,6	71,7	0,0017	72,1	71,3	0,2
От 0,5 до 0,7	78,5	79,0	79,2	78,9	0,0035	79,8	78,0	0,4
От 0,7 до 1,0	85,3	86,6	85,9	86,0	0,0064	87,5	84,4	0,7
От 1,0 до 2,0	92,5	92,8	93,5	92,9	0,0052	94,2	91,6	0,6
От 2,0 до 5,0	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
> 5,0 [a]	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
[a] Дополнительные данные.								

Значения эффективности для каналов размеров частиц, не соответствующих требованиям к данным, не вносят в протокол.

С.5 Протокол испытаний

Заказчик:
ООО Компания
С.А. Иванов

ул. Пушкина, стр. 3/2, г. Москва, 123456
тел.: +7 (495) xxx-xx-xx
e-mail: gost.e-ecolog.ru

Исполнитель:
ИП Лаборатория испытаний
Д.М. Бодров

Ленинградский просп., д. 78, пом. 3, г. Москва, 120456
тел.: +7 (495) xxx-xx-xx
e-mail: gost.e-ecolog.ru

Описание системы: Испытуемая УКВ оснащена 12 полноразмерными фильтрами, работающими при скорости потока воздуха приблизительно 2,03 м/с и пропускающими 100 % наружного воздуха в режиме непрерывной работы (24 часа в сутки 7 дней в неделю). Общая площадь фильтрующей поверхности в системе составляет приблизительно 4,46 м^2. Подробные сведения об установке приведены в форме проверки фильтра (см. таблицу С.15).

Таблица С.15 — Протокол испытаний — информация о фильтре

Назначение фильтра	Изготовитель	Модель	Номер партии	Количество	Размер, мм	Тип фильтрующего материала	Цвет фильтрующего материала	Эффективная площадь фильтрующего материала, м^2
Фильтр грубой очистки	FilterGeeks	Pleat8	FilGeek-1	12	305×305×50	Заряженный синтетический	Белый	1,36
Фильтр тонкой очистки	FilterGeeks	S-Bag	Fil-GeekB-85-22-8	12	305×305×560	Заряженный синтетический	Розовый	4,65

Время и дата испытаний: 27 февраля 2021 года, 09:00.
Дата установки фильтра: 27 февраля 2021 года.
Приложение 1 — Схематическое изображение испытуемой системы (пример на рисунке С.1).
Приложение 2 — Бланк предварительной проверки фильтрующей установки (пример в С.2.2).
Приложение 3 — Бланк утверждения проведения испытаний (пример в С.2.3).

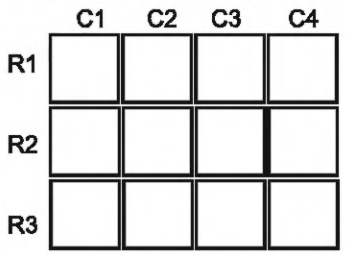
Таблица С.16 — Протокол испытаний — данные о скорости

Набор данных о скорости № 1 (перед испытаниями)

Местоположение	Значение, м/с
R1-C1	1,68
R1-C2	2,09
R1-C3	1,83
R1-C4	1,96
R2-C1	2,29
R2-C2	2,2
R2-C3	2,05
R2-C4	2,11
R3-C1	2,09
R3-C2	2,12
R3-C3	1,99
R3-C4	2,07
Среднее	2,05
CV	8,3 %

Набор данных о скорости № 2 (после испытаний)

Местоположение	Значение, м/с
R1-C1	1,65
R1-C2	2,07
R1-C3	1,86
R1-C4	1,91
R2-C1	2,25
R2-C2	2,32
R2-C3	2,04 [a]
R2-C4	2,13
R3-C1	2,09
R3-C2	2,14
R3-C3	1,95
R3-C4	2,03
Среднее	2,04
CV	8,8 %



[a] Для испытания выбирают положение R2-C3.

Поскольку указанная средняя скорость составляет 2,04 м/с и среднее значение CV составляет 8,5 %, то средняя скорость является приемлемой.

Таблица С.17 — Протокол испытаний — результаты измерений температуры и относительной влажности

Расположение	Температура, °С	Диапазон измерений температуры [a], °С	Относительная влажность, %	Диапазон измерений относительной влажности [a], %
Внутри воздуховода	20,1	От 1 до 38	55	От 10 до 80
У счетчика частиц	22,3		58	
[a] В соответствии с паспортом средства измерений.				

Температура и относительная влажность являются приемлемыми.

Основываясь на среднем значении из 25 показаний, перепад давления при CV, равном 3,0 %, составляет 84,6 Па.

Таблица С.18 — Протокол испытаний — данные о нулевых показаниях счетчика частиц

Проведено измерений (все каналы)	Вычисленная концентрация, число частиц на $м^3$	Максимальная концентрация, число частиц на $м^3$
7	2500	10 000

Данные отражают общее количество частиц в пробах, отбираемых в течение 1 минуты.

Результаты показывают, что проверка нуля счетчиком частиц пройдена.

Таблица С.19 — Протокол испытаний — данные о концентрации частиц в пространстве

Диапазон размеров, мкм	Дифференциальные данные, число частиц (отбор проб 20 с, одна точка отбора проб)					Среднее количество частиц	Стандартное отклонение	CV, %	Максимальное значение CV, %	Выдержал/ не выдержал
	R1-C2	R1-C2	R1-C2	R1-C2	R1-C2					
От 0,3 до 0,5	19 851	16 333	19 724	18 793	16 812	18 303	1640,1	9,0	25	Выдержал
От 0,5 до 0,7	9123	7683	8732	7981	8222	8339	592,1	7,1		Выдержал
От 0,7 до 1,0	1456	1186	1379	1313	1096	1286	145,2	11,3		Выдержал
От 1,0 до 2,0	623	434	564	411	368	480	108,3	22,6	25	Выдержал
От 2,0 до 5,0	31	18	27	25	16	23	6,3	26,8	50	Выдержал
> 5,0 [a]	8	4	6	4	3	5	2,0	40,0		Выдержал
Общее	31 092	25 613	30 432	28 527	26 517	28 436	—	—	—	—
[a] Дополнительные данные.										

CV для всех шести каналов размеров частиц является приемлемым.

Таблица С.20 — Протокол испытаний — данные о концентрации частиц во времени

Диапазон размеров, мкм	Дифференциальные данные, число частиц (отбор проб 20 с, одна точка отбора проб)					Среднее количество частиц	Стандартное отклонение	CV, %	Максимальное значение CV, %	Выдержал/не выдержал
	R1-C2	R1-C2	R1-C2	R1-C2	R1-C2					
От 0,3 до 0,5	18 143	17 880	18 967	20 461	19 488	18 988	1044,3	5,5	25	Выдержал
От 0,5 до 0,7	8432	7987	8321	8765	8028	8307	318,5	3,8		Выдержал
От 0,7 до 1,0	1100	985	1322	1213	966	1117	151,5	13,6		Выдержал
От 1,0 до 2,0	527	489	543	518	477	511	27,2	5,3		Выдержал
От 2,0 до 5,0	35	32	41	37	32	27	9,1	33,2	50	Выдержал
> 5,0 [a]	5	7	6	8	4	6	1,6	26,4		Выдержал
Общее	28 236	27 367	29 194	31 002	28 980	28 956	—	—	—	—
[a] Дополнительные данные.										

CV для всех шести каналов размеров частиц является приемлемым.

Таблица С.21 — Протокол испытаний — данные о минимальной концентрации

Диапазон размеров, мкм	Среднее число частиц	Концентрация частиц, число частиц на $м^3$	Минимальная концентрация частиц, число частиц на $м^3$	Выдержал/не выдержал
От 0,3 до 0,5	18 988	$2,02 \cdot 10^7$	$3,7 \cdot 10^4$ [b]	Выдержал
От 0,5 до 0,7	8307	$8,837 \cdot 10^6$		Выдержал
От 0,7 до 1,0	1117	$1,189 \cdot 10^6$		Выдержал
От 1,0 до 2,0	511	$5,43 \cdot 10^5$		Выдержал
От 2,0 до 5,0	27	$2,9 \cdot 10^4$		Не выдержал
> 5,0 [a]	6	$6 \cdot 10^3$		Не выдержал
Общее	28 956	—	—	—

[a] Дополнительные данные.
[b] Определяют как 50 % от максимальной концентрации, указанной изготовителем счетчика частиц.

Значения концентрации для первых четырех диапазонов размеров частиц, указанных в таблице С.21, являются приемлемыми и проведение разбавления не требуется. Однако в протокол не следует заносить данные об эффективности для диапазонов размеров от 2,0 до 5,0 мкм или от 5,0 до 20 мкм.

Таблица С.22 — Протокол испытаний — данные о максимальной концентрации

Номер измерения	Совокупные данные, число частиц (отбор проб 20 с)	Концентрация до фильтра, число частиц на $м^3$	Максимальная концентрация частиц [a], число частиц на $м^3$
1	28 236	23 987	35 300
2	27 367	29 114	
3	39 194	31 057	
4	31 002	32 981	
5	28 980	30 830	
Среднее	28 956	30 804	

[a] Определяют как 50 % от максимальной концентрации, указанной изготовителем счетчика частиц.

Средняя концентрация является приемлемой и проведение разбавления не требуется.

Таблица С.23 — Протокол испытаний — данные о проверке нулевых показаний системы

Проведено измерений (все каналы)	Измеренная концентрация, число частиц на $м^3$	Концентрация до фильтра, число частиц на $м^3$	Допустимая концентрация, число частиц на $м^3$
12	4300	$3,0804 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^4$

Данные отражают общее количество частиц в пробах, отбираемых в течение 1 минуты.

Нулевые показания системы являются приемлемыми, поскольку измеренная концентрация частиц составляет менее 0,05 % от концентрации до испытуемого фильтра.

Таблица С.24 — Протокол испытаний — данные об эффективности улавливания после фильтра

Диапазон размеров, мкм	Набор данных 1, собранных после фильтра, число частиц						Среднее число частиц
	1	2	3	4	5	6	
От 0,3 до 0,5	5004	5124	4873	6023	5290	5348	5277
От 0,5 до 0,7	1702	1721	1647	1818	1857	1750	1749
От 0,7 до 1,0	155	142	138	165	176	161	156
От 1,0 до 2,0	42	43	32	38	35	28	36
От 2,0 до 5,0	1	0	1	2	0	1	1
> 5,0 [a]	0	0	1	1	0	0	0
Общее	6904	7030	6692	8047	7358	7288	7220
[a] Дополнительные данные.							

Таблица С.25 — Протокол испытаний — данные об эффективности улавливания до фильтра

Диапазон размеров, мкм	Набор данных 1, собранных до фильтра, число частиц						Среднее число частиц
	1	2	3	4	5	6	
От 0,3 до 0,5	19 472	19 813	17 709	19 874	19 038	17 175	18 847
От 0,5 до 0,7	8653	8843	7789	8727	8011	7943	8328
От 0,7 до 1,0	1267	1198	954	1231	1032	1001	1114
От 1,0 до 2,0	612	585	510	564	417	377	511
От 2,0 до 5,0	34	31	21	30	25	18	27
> 5,0 [a]	8	8	4	6	4	3	6
Общее	30 046	30 478	26 987	30 432	28 527	23 517	28 831
[a] Дополнительные данные.							

Таблица С.26 — Протокол испытаний — данные от всех подсчетов

Диапазон размеров, мкм	Средние значения наборов данных, дифференциальные частицы							Среднее значение до фильтра, число частиц	Среднее значение после фильтра, число частиц
	D_1	U_1	D_2	U_2	D_3	U_3	D_4		
От 0,3 до 0,5	—	18 847	—	18 756	—	17 980	—	18 528	—
	5277	—	5428	—	5127	—	5102	—	5234
От 0,5 до 0,7	—	8328	—	8398	—	8178	—	8301	—
	1749	—	1827	—	1701	—	1698	—	1744
От 0,7 до 1,0	—	1114	—	1201	—	1056	—	1124	—
	156	—	171	—	151	—	146	—	156
От 1,0 до 2,0	—	511	—	499	—	453	—	488	—
	36	—	41	—	31	—	28	—	34
От 2,0 до 5,0	—	27	—	26	—	18	—	24	—
	1	—	2	—	1	—	0	—	1

Окончание таблицы С.26

Диапазон размеров, мкм	Средние значения наборов данных, дифференциальные частицы							Среднее значение до фильтра, число частиц	Среднее значение после фильтра, число частиц
	D_1	U_1	D_2	U_2	D_3	U_3	D_4		
> 5,0 [a]	—	6	—	7	—	3	—	5	—
	0	—	1	—	0	—	0	—	0
Общее	7219	28 833	7470	28 887	7011	27 688	6974	—	—
[a] Дополнительные данные.									

Таблица С.27 — Протокол испытаний — вычисления эффективности улавливания

Диапазон размеров, мкм	Вычисленная эффективность, %			Средняя эффективность, %	Стандартное отклонение	95 %-ный верхний предел доверительного интервала	95 %-ный нижний предел доверительного интервала	CV, %
	1	2	3					
От 0,3 до 0,5	71,6	71,9	71,6	71,7	0,0017	72,1	71,3	0,2
От 0,5 до 0,7	78,5	79,0	79,2	78,9	0,0035	79,8	78,0	0,4
От 0,7 до 1,0	85,3	86,6	85,9	86,0	0,0064	87,5	84,4	0,7
От 1,0 до 2,0	92,5	92,8	93,5	92,9	0,0052	94,2	91,6	0,6
От 2,0 до 5,0	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
> 5,0 [a]	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
[a] Дополнительные данные.								

Библиография

[1] *ИСО 29464:2024* *Очистка воздуха и других газов. Словарь*

[2] *ИСО 7726:1998* *Эргономика тепловой среды. Средства измерений физических величин*

[3] ИСО 21501-4:2009 Определение распределения частиц по размерам. Оптические методы оценки отдельных частиц. Часть 4. Счетчики частиц в воздухе для чистых зон, работающие на принципе рассеяния света

УДК 543.275.3:628.511:006.354 ОКС 91.140.30

Ключевые слова: испытания, фильтрующий элемент, кондиционирование воздуха, эффективность улавливания, перепад давления

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 07.04.2025. Подписано в печать 09.04.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,35.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru