МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 16000-27— 2017

ВОЗДУХ ЗАМКНУТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Часть 27

Определение наличия осевшей волокнистой пыли на поверхностях с помощью СЭМ (сканирующего электронного микроскопа) (прямой метод)

(ISO 16000-27:2014, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 ноября 2017 г. № 52)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ISO 3166) 004 — 97	Код страны по МК (ISO 3166) 004 — 97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Грузия	GE	Грузстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Институт стандартизации Молдовы
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 мая 2018 г. № 247-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 16000-27—2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2019 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 16000-27:2014 «Воздух замкнутых помещений. Часть 27. Определение наличия осевшей волокнистой пыли на поверхностях с помощью СЭМ (сканирующего электронного микроскопа) (прямой метод)» [«Indoor air — Part 27: Determination of settled fibrous dust on surfaces by SEM (scanning electron microscopy) (direct method)», IDT].

Международный стандарт разработан подкомитетом ISO/TC 146/SC 6 «Воздух замкнутых помещений» Технического комитета по стандартизации ISO/TC 146 «Качество воздуха» Международной организации по стандартизации (ISO).

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий межгосударственный стандарт, и международных стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления 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, 2014 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2018

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Обозначения и сокращения 3
5 Основные принципы 3
6 Оборудование и материалы 4
7 Отбор проб 5
7.1 Планирование измерений 5
7.2 Цели измерения и место отбора проб 5
7.3 Количество проб 7
7.4 Требования к пробоотборной поверхности 7
7.5 Методика отбора проб 7
7.6 Протокол отбора проб 8
8 Анализ с использованием СЭМ 9
9 Вычисление и представление результатов 16
10 Протокол испытаний 17
11 Неопределенность измерения 17
12 Применение и инструкции по эксплуатации 19
Приложение А (справочное) Пример формы для записи подсчета структур с использованием СЭМ 21
Приложение В (обязательное) Методика калибровки и настройки параметров СЭМ 22
Приложение С (справочное) Случайное отклонение пробы 23
Приложение D (справочное) Пример использования метода для воздуха замкнутых помещений . . . 26
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 27
Библиография 28

Введение

В настоящее время доступны и широко используются стандартизованные методы для измерения уровня воздействия волокон асбеста с использованием разных аналитических подходов (ISO 10312, ISO 13794, ISO 14966). Также установлены стандартные методы по определению волокон асбеста (ISO 222621), содержащихся в сыпучих материалах (изделия и т.п.). Настоящий стандарт основан на методике, приведенной в [6], и закрывает оставшийся пробел в описании методов по измерению волокон асбеста в осевшей на поверхности пыли.

Во многих странах действуют постановления правительства относительно уровней воздействия волокон асбеста и содержания его в продукции. Содержание волокон асбеста в осевшей пыли является причиной многочисленных дискуссий. Нормативное регулирование на основе результатов измерения известно лишь в небольшом количестве случаев. Причина этого заключается в отсутствии во многих странах стандартизованных и хорошо согласованных методов измерения и затрудненной и спорной оценке потенциального риска. Общепринятая корреляция между содержанием асбеста и возможным конечным содержанием волокон асбеста в воздухе, полученным посредством переосаждения пыли, не установлена.

Существенная разница между пробами для определения поверхностного загрязнения, полученными прямым переносом, и пробами из фильтров воздуха проявляется в более частом появлении волокнистых структур, размеры которых больше, чем у альвеолярных волокон. Анализ проб воздуха проводят с целью определения содержания вдыхаемых волокон; анализ проб пыли, полученных прямым переносом, напротив, производят для оценки риска (потенциал волокон), который могут вызвать вдыхаемые волокна. Поверхностные пробы пыли часто отбирают в связи со снижением уровня волокон асбеста или при других событиях, когда предполагают распространение пыли, содержащей волокна асбеста, и оно должно быть оценено.

Метод также может быть использован для определения поверхностного загрязнения волокнистыми структурами, такими как искусственные минеральные стекловидные волокна.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ВОЗДУХ ЗАМКНУТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Часть 27

Определение наличия осевшей волокнистой пыли на поверхностях с помощью СЭМ (сканирующего электронного микроскопа) (прямой метод)

Indoor air. Part 27. Determination of settled fibrous dust on surfaces by SEM (scanning electron microscopy) (direct method)

Дата введения — 2019—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методику определения количественного содержания волокнистых структур с волокнами диаметром равным или более 0,2 мкм в осевшей на поверхности пыли и их классификацию по конкретным группам веществ (например, хризотиловый асбест, амфиболовый асбест, другие неорганические волокна). В первую очередь метод применяют к замкнутым помещениям, но он также подходит для определенных случаев на открытом воздухе. Приведена техника отбора проб для улавливания осевшей пыли с использованием липкой ленты. Метод включает в себя аналитический подход для оценки отобранных проб с помощью сканирующей электронной микроскопии. Результат может быть получен в структурных единицах асбеста на единицу площади и/или в качестве классификации по четырем различным классам загрузки. Чувствительность анализа зависит от исследуемой области и может составлять даже 10 структур/см^2.

В целях настоящего стандарта асбестовую или волокнистую структуру определяют как частицу, содержащую асбест или (другие органические/неорганические) волокна, независимо от их диаметра.

Использование приведенного метода отбора проб ограничено и зависит от структуры и типа поверхности (небольшие шероховатости и искривления) и толщины слоя пыли. Если слой пыли обладает слишком большой толщиной, то проба может быть отобрана с использованием других средств и в итоге проанализирована как проба порошка [3], [4].

Предполагают, что диаметры частиц осевшей пыли в основном менее 1 мм.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ISO 22262-1, Air quality. Bulk materials. Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials (Качество воздуха. Насыпные материалы. Часть 1. Отбор проб и качественное определение асбеста в коммерческих насыпных материалах)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **снижение интенсивности** (abatement): Деятельность, предпринимаемая для сдерживания возможного выделения волокон асбеста из асбестсодержащих строительных материалов путем удаления, ограждения, герметизации или восстановления поврежденного материала.

Издание официальное

3.2 **отбор проб атмосферного воздуха** (ambient sampling): Отбор проб воздуха в непосредственной близости от внешней части здания для определения содержания в нем волокон асбеста.

3.3 **чувствительность анализа** (analytical sensitivity): Вычисленное содержание волокон асбеста в воздухе, соответствующее подсчету одного волокна асбеста при анализе.

3.4 **асбест** (asbestos): Термин, применяемый к группе силикатных минералов, принадлежащих группам серпентина и амфибола, кристаллизующихся в асбестоподобной форме, благодаря которой их можно разделить на отдельные длинные, тонкие, эластичные и прочные волокна при дроблении и обработке.

Примечание — Регистрационные номера CAS для наиболее распространенных модификаций асбеста следующие: хризотил (12001-29-5), крокидолит (1200128-4), грюнеритовый асбест (амозит) (12172-73-5), антофиллитовый асбест (77536-67-5), тремолитовый асбест (77536-68-6) и актинолитовый асбест (77536-66-4).

3.5 **асбестовая (волокнистая) структура** [asbestos (fibrous) structure]: Термин, применяемый для отдельных волокон асбеста, других неорганических и органических волокон или любых групп связанных или перекрывающихся волокон асбеста или пучков волокон асбеста вместе с другими частицами или без них.

3.6 **характеристическое соотношение** (aspect ratio): Отношение длины частицы к ее толщине.

3.7 **чистый фильтр** (blank): Неиспользованная липкая лента, предоставляемая для анализа в целях контроля.

3.8 **пучок** (bundle): Структура, состоящая из трех или более параллельных волокон, находящихся друг от друга на расстоянии не более толщины одного волокна.

3.9 **сгруппированные волокна** (cluster): Структура, в которой два или несколько волокон асбеста или пучков волокон асбеста, ориентированные случайным образом, соединены в группу.

3.10 **дифракция электронов** (electron diffraction): Физический процесс, положенный в основу методики исследования кристаллической структуры небольшого участка на поверхности образца, методом электронной микроскопии.

3.11 **энергодисперсионный рентгеноструктурный анализ** (energy-dispersive X-ray analysis): Определение элементного состава образца на основе измерения энергии и интенсивности рентгеновских лучей с использованием полупроводникового детектора и многоканального анализатора.

3.12 **волокно** (fibre): Частица вытянутой формы с минимальным отношением длины к толщине 3:1 и, в соответствии с настоящим стандартом, диаметром равным или более 0,2 мкм.

3.13 **косвенная подготовка** (indirect preparation): Методика, по которой проба проходит через один или несколько промежуточных этапов до заключительной фильтрации; частицы удаляют из первоначальной среды и осаждают на втором фильтре перед анализом.

3.14 **предел обнаружения** (limit of detection): Значение счетной концентрации волокнистых структур, которое с вероятностью 95 % не будет превышено действительным содержанием волокнистых структур, если они не были обнаружены при анализе.

3.15 **увеличение** (magnification): Отношение между размером объекта под объективом микроскопа и его реальным размером.

Примечание — Информацию об увеличении относят к экрану монитора, на котором проведена оценка.

3.16 **матрица**[1)] (matrix): Структура, в которой одно или более волокон асбеста или пучков волокон асбеста соприкасаются друг с другом, прикреплено друг к другу или частично скрыто одной частицей или группой неволокнистых частиц.

3.17 **обработанная холостая проба** (processed blank): Липкая лента (которая не находилась в условиях отбора проб), обработанная в соответствии с процедурами полной подготовки и анализа.

3.18 **структура** (structure): Отдельное волокно, пучок волокон, сгруппированные волокна или матрица.

3.19 **искусственные стекловидные волокна,** ИСВ (man-made vitreous fibres, MMVF): Искусственные стекловидные волокна, также называемые искусственными минеральными волокнами (ИМВ), и синтетические стекловидные волокна (ССВ) представляют собой группу волокон некристаллических неорганических материалов, обычно силиката алюминия или кальция, которые были получены из горных пород, глины, шлака и стекла.

[1)] В Российской Федерации термину «матрица» соответствует термин «агрегат волокон». (*Прим. ТК 457 «Качество воздуха»*).

4 Обозначения и сокращения

4.1 Обозначения

n — количество подсчитанных структур;

λ_u — нижняя граница 95 %-ного доверительного интервала для структур, подсчитанных с использованием СЭМ или ПЭМ;

λ_o — верхняя граница 95 %-ного доверительного интервала для структур, подсчитанных с использованием СЭМ или ПЭМ;

α — статистически значимый уровень;

B — фоновый уровень рентгеновского спектра;

D — для подсчитанных структур n значение распределения χ^2 с $2n$ степенями свободы и уровнем значимости $(1 - \alpha/2)$;

E — для подсчитанных структур n значение распределения χ^2 с $2_{(n+1)}$ степенями свободы и уровнем значимости $\alpha/2$;

A — площадь пробы, для которой была проведена оценка с помощью СЭМ;

P — высота пиков в рентгеновских спектрах;

S_i — результат подсчета отдельных структур волокон типа i;

$S_{w,i}$ — утяжеленный результат подсчета отдельных структур волокон типа i;

z — атомный номер.

4.2 Сокращения

ATS — отбор проб на липкую ленту/оценка с использованием СЭМ;

ED — дифракция электронов;

EXDA — энергодисперсионный рентгеноструктурный анализ (ЭДРСА);

FWHM — полуширина пика Mn-K_α детектора рентгеновского излучения;

PCM — фазово-контрастная оптическая микроскопия;

SEM — сканирующая электронная микроскопия (СЭМ);

TEM — просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ);

UTW — ультратонкое окно детектора рентгеновского излучения;

MMVF — искусственные стекловидные волокна (ИСВ).

5 Основные принципы

Пыль отбирают на липкую среду (например, ленту), которую прижимают к поверхности отбора проб. Пробоотборную липкую среду или ее часть подготавливают в качестве пробы для анализа методом СЭМ/ЭДРСА. Исследование с использованием СЭМ проводят без каких-либо модификаций отобранной пыли. В ходе этого исследования волокнистые структуры измеряют в соответствии с определенными критериями на произвольно выбранных обзорных полях микроскопа по всей поверхности пробы, подсчитывают их и классифицируют в соответствии с классами веществ. Спектры ЭДРСА используют для классификации волокнистых структур в смешанных классах. Содержание волокнистой пыли на поверхностях вычисляют исходя из числа посчитанных и классифицированных структур и проанализированной площади пробы. После применения к волокнистым структурам различных коэффициентов утяжеления в соответствии с их размерами дают заключение о загрузке волокнами с отнесением к одной из четырех категорий.

6 Оборудование и материалы

6.1 Оборудование и материалы для подготовки и отбора проб с использованием липкой ленты

6.1.1 Расходные материалы для отбора проб

Пробоотборная среда:

1) липкая лента:

- алюминиевая или медная лента, акриловая (прозрачная) или липкая углеродная лента/с обратной стороной из алюминия или меди;

2) углеродные прокладки:

- диаметр от 13 до 25 мм;

3) контейнер для пробы, чистый, герметичный, используют для транспортирования пробы до лаборатории.

Примечание — При необходимости углеродная прокладка может быть прикреплена напрямую к подставке для проб СЭМ.

6.1.2 Инструменты и принадлежности для электронной микроскопии

К используемым инструментам и принадлежностям относят: пинцет, скальпель или ножницы для получения проб подходящего размера, двустороннюю липкую ленту (углеродную) или коллоидную углеродную краску, держатель для проб, золото или углерод для покрытия пробы в определенном устройстве для ионного напыления или испарителе.

6.1.3 Стереомикроскоп

Стереомикроскоп используют для визуального исследования осевшей пыли в пробе при приблизительно 20-кратном увеличении.

6.1.4 Устройства для напыления

Используют устройство для ионного напыления или вакуумный испаритель для покрытия пробы золотом или углеродом

6.2 Оборудование и материалы для анализа

6.2.1 Сканирующий электронный микроскоп с ускоряющим напряжением

Для подсчета и идентификации волокнистых структур используют сканирующий электронный микроскоп (СЭМ), с ускоряющим напряжением, по крайней мере, 20 кВ.

6.2.2 Сканирующий электронный микроскоп с рентгеноспектральным анализатором

Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ), оборудованный рентгеноспектральным анализатором на основе метода энергетической дисперсии, позволяющий добиться разрешения более 170 эВ (FWHM) на пике Mn-K_{α}. Эффективность отдельной комбинации СЭМ и полупроводникового датчика рентгеновского излучения зависит от многих геометрических факторов. Соответственно, необходимую (эксплуатационную) эффективность комбинации СЭМ и рентгеноспектрального анализатора определяют с точки зрения измеренной интенсивности рентгеновского излучения, полученного от волокон хризотила шириной 0,2 мкм в рабочих условиях, применяемых во время анализа. Некоторые полупроводниковые датчики рентгеновского излучения менее чувствительны в области малых энергий и поэтому обнаружение натрия в крокидолите является дополнительным критерием эксплуатационной эффективности. Предпочтительным является UTW детектор (ультратонкое окно или без окон), но его использование не обязательно, если анализ не включает идентификацию волокон с $Z \leq 11$. Комбинация инструментов должна удовлетворять минимальным требованиям относительно видимости волокон, как установлено в приложении В.

6.2.3 Проба для испытания разрешения

Для регулирования условий работы СЭМ необходима проба для испытания, в которой осаждены волокна хризотила шириной, равной или менее 0,2 мкм.

6.2.4 Проба для испытания калибровки увеличения

Для калибровки увеличения СЭМ необходима проба для испытания. Примером пробы, соответствующей требованиям, является стандарт по увеличению SRM484e (Национального института стандартов и технологий США).

7 Отбор проб

7.1 Планирование измерений

В большинстве стран оценка рисков от содержания волокон асбеста в воздухе замкнутых помещений основана на определении уровня воздействия. Таким образом, определение асбеста в осевшей пыли может носить характер дополнения, например выявление распространения загрязнения асбестом. Планирование измерения должно быть согласовано с поставленной задачей. Площадь исследуемой пробы мала по сравнению со всей поверхностью, которую необходимо оценить. План отбора проб, включающий количество и распределение пробоотборных областей, составляют так, чтобы минимизировать статистическую неопределенность конечного результата. Требуемая точность определяет количество отбираемых проб. Если необходимо сравнить содержание асбеста на двух различных поверхностях, то проводят статистические испытания.

При планировании измерений учитывают все возможные данные (такие как известные источники загрязнений или результаты измерений воздуха). В эти данные входят, в том числе, все известные используемые асбестосодержащие материалы и природа исследуемой поверхности.

Кроме того при планировании измерений принимают во внимание тот факт, что толстый слой пыли не может быть количественно оценен, как указано в 8.2.1 и 8.2.2.1. Это может потребовать использования различных методик отбора проб или привести к необходимости отбирать пробу как пробу порошка.

На осаждение пыли влияет множество факторов. Одним из них является частота уборки исследуемой поверхности. Также следует рассмотреть различные влияющие факторы, такие как положение поверхности в пространстве, движение воздуха в исследуемой области и другие факторы, не упомянутые в этом разделе, которые могут быть важны для оценки результата, и при необходимости зафиксировать их в протоколе отбора проб.

7.2 Цели измерения и место отбора проб

Как уже говорилось выше, цели измерения зачастую являются частью планирования и выполнения работ по удалению асбеста, но измерения также могут представлять интерес для документирования текущего положения дел. Определение в осевшей пыли искусственных стекловидных волокон (ИСВ) также может быть частью цели измерений, если в процессе строительства, например, поступают жалобы на раздражение кожи, которое обычно возникает при наличии в воздухе относительно толстых волокон. Определение содержания неорганических волокон (асбест, ИСВ) в пробах осевшей пыли, главным образом, отвечает на следующие вопросы:

- Присутствуют ли неорганические волокна пыли (асбест/ИСВ) в конкретном местоположении?
- Как велико содержание установленных волокнистых структур на единицу площади?
- Насколько большую область загрязнения следует ожидать?
- Каков размер области, в которой требуется проведение уборки?

Измерения также зависят от оборудования и планируемых изменений в нем. После установления цели измерений определяют участки и количество точек отбора проб. В результате могут возникнуть обстоятельства, при которых пробы отбирают не только на горизонтальных, но и на вертикальных поверхностях. При анализе результатов должна быть рассмотрена разница в характере осевших частиц в пробах, взятых на горизонтальных и вертикальных поверхностях. Эти результаты нельзя прямо сравнивать друг с другом. Пробы, отобранные на вертикальных поверхностях, как правило, имеют меньшую загрузку как волокнистыми, так и неволокнистыми частицами.

Следует отметить, что пробы, отобранные с использованием липкой ленты, имеют небольшой размер по сравнению с исследуемой областью здания, и, таким образом, эти пробы не могут быть представительными.

Цели измерения и соответствующие места отбора проб приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Цели измерения при анализе поверхности пыли

Цель	Место отбора проб	Комментарии
1 Идентификация урона от асбестосодержащих продуктов в случае: - нарушения обработки; - случайных происшествий, например, в результате плохой погоды или пожара	Поверхности, которые были очищены незадолго до события	При необходимости в здании проводят анализ проб из областей, заранее не очищенных перед восстановлением
2 Анализ загрязнения волокнами асбеста, например перед сносом, реконструкцией, в частности, относительно выполненных работ в областях, где не проводится никакой деятельности	Поверхности, визуально покрытые пылью, оседавшей в течение долгого периода времени (во время строительства, происшествий, обычного пользования зданием): - под плавающей стяжкой; - в полых пространствах в стенах и нишах; - в навесных потолках; - в области инсталляций; - особенно на электрических кабелях, металлических поверхностях, листах и других гладких поверхностях, когда применение связано с электростатическими зарядами	
3 Локализация загрязненной области	В шахматном порядке. В помещениях, расположенных рядом с пораженной загрязнением продукцией	В этом случае необходимо учитывать движение воздуха
4 Определение возможного невидимого глазу загрязнения продукции волокнами асбеста или содержащей асбест продукции, установленной в скрытых местах	В более старых слоях пыли, найденных в неочищенных областях, которые определяют «историю» здания, например: - на радиаторах отопления или за ними; - в вентиляционных каналах; - в верхней части встроенных шкафов; - на подоконниках; - на опорных балках; - на механическом оборудовании на высоте; - в переоборудованных отверстиях	
5 Проверка чистоты поверхности мебели, техники, вентиляционных систем (единицы отрицательного давления и т.п. после уменьшения)	В местах с признаками остаточной пыли. В представительном очищенном месте, при необходимости	
6 Оценка в областях, где ранее использовался асбест, например, в фабричных цехах и на производственных площадках, где обычно использовалась или производилась продукция с асбестом	Старая осевшая пыль. Трещины или отверстия в полу. Под полом и настенными покрытиями. На механическом оборудовании на высоте, например на рельсах подъемного крана	При необходимости проба должна быть отобрана как проба порошка (см. приложение D)
7 Распространение асбеста или асбестосодержащих частиц на открытом воздухе. После пожаров, взрывов или других выбросов пыли, содержащей асбест	Трасса. Запечатанные поверхности. Подходящие поверхности растений	

7.3 Количество проб

Предпочтительно организовать измерения так, чтобы было отобрано большее количество проб, чем в конечном итоге необходимо для анализа. В этом случае в наличии останутся дополнительные пробы для анализа, которые могут быть использованы для получения непредусмотренных ранее данных или когда возникает сомнение в отношении представительности проб. Такой подход вполне допустим, поскольку для отбора проб требуется минимум усилий, по сравнению с проведением анализа. Непроанализированные пробы следует хранить как заархивированные пробы. Количество контактных проб, которое необходимо отобрать, зависит от цели измерения. Если область отбора проб включает, например, области, очищенные в рамках мер по предотвращению загрязнения, то количество контактных проб в этом случае больше и распределение их в пространстве шире, чем количество и распределение проб при выборочном испытании проб для оценки процедур обычной очистки.

Загрязнение поверхности твердыми частицами обычно не однородно. В частности, если источник загрязнения волокнами находится неподалеку, то в зависимости от расстояния, направления воздушных потоков и размера выделяемых частиц следует ожидать совершенно различного оседания частиц. Применительно к поставленной цели для оценки ситуации необходимо различное количество проб (см. таблица 1).

Число проб зависит среди прочего от анализируемой поверхности. В таблице 2 перечислено минимальное количество проб, которые следует отобрать в помещении в зависимости от его площади.

Таблица 2 — Минимальное количество проб на единицу пространства в зависимости от площади помещения

Площадь, м^2	Минимальное количество проб
менее 30	3
от 30 до 100	5
от 100 до 500	7
от 500 до 1000	10
более 1000	более 10

Примечание — Согласно данным [7] количество проб, необходимых для сравнения двух сред как функции предполагаемого различия в загрязнении поверхности, вычисляют на статистической основе.

7.4 Требования к пробоотборной поверхности

Отбор проб проводят только на сухой поверхности. Во время отбора проб обеспечивают такие условия, чтобы пробоотборная среда соприкасалась с поверхностью всей своей площадью. Такой метод применяют только на относительно ровной поверхности, особенно при использовании жесткой липкой среды (например, углеродные прокладки на держателе для проб СЭМ). При отборе проб с поверхностей строительных сред, таких как бетон, на участке отбора проб могут оказаться поры или полости. По мере возможностей их следует избегать. Шероховатые поверхности меньше подходят для отбора проб данным методом.

7.5 Методика отбора проб

7.5.1 Размер пробы

Пробоотборной средой должна быть покрыта область, по крайней мере, 1 см^2. Необходимо иметь возможность подготовить всю липкую поверхность, загруженную твердыми частицами, для исследования СЭМ.

7.5.2 Методика

7.5.2.1 Невидимый глазу или тонкий слой пыли

Для анализа осевшей пыли пробоотборную среду липкой стороной вниз прижимают к месту отбора проб и затем аккуратно отделяют. Для обеспечения четкого сопоставления точек отбора проб каждая пробоотборная среда может быть использована на месте отбора проб только один раз. При отборе контактных проб следует избегать продавливающих движений. Если в качестве пробоотборной среды используют липкую ленту, то от рулона отрезают полоску длиной приблизительно 5 см. После удаления

защитного слоя с ленты полоску прижимают к точке отбора проб и затем отделяют ее. В течение всего отбора проб соблюдают осторожность и следят за тем, чтобы липкая лента не деформировалась.

Затем полоску помещают в контейнер для транспортирования. Доказано, что для этих целей подходит прозрачный круглый контейнер диаметром приблизительно 70 мм и высотой, по крайней мере, 10 мм. Полоску приклеивают на дно контейнера, согнув два конца так, чтобы область отбора проб находилась вверху. Таким образом, ленту приклеивают так, что не происходит никаких контактов с крышкой контейнера. При использовании углеродных прокладок на подставке для проб, транспортирование лучше проводить в одном из транспортных контейнеров, предлагаемых изготовителем. Подставку для проб обычно фиксируют на дне контейнера, который затем закрывают прозрачной крышкой в качестве верхнего защитного покрытия.

Во время транспортирования проб соблюдают осторожность и следят за тем, чтобы не происходило никаких изменений в пробе за счет ее контакта с транспортным контейнером.

Другой способ транспортирования предполагает герметизацию пробы в пакете, состоящем из двух различных составляющих. Например, одна сторона имеет липкий слой, а вторая составляющая представляет собой бумагу с полимерным покрытием (без липкого слоя). Обе составляющие по размеру должны быть значительно больше, чем сама липкая лента. Пробоотборную ленту с отобранной пробой размещают в пакете так, чтобы липкая сторона ленты соприкасалась с нелипкой стороной пакета с полимерным покрытием. Пакет впоследствии закрывают, прижав стороны друг к другу. При проведении этой процедуры следует убедиться, что к стороне с полимерным покрытием не прилипло никакой значимой части слоя пыли для анализа с пробоотборной ленты.

Пробы должны быть четко промаркированы либо непосредственно на контейнере, либо с использованием наклейки на нем. Надпись должна быть стойкой (водостойкой).

7.5.2.2 Более плотные слои пыли

Чтобы определить содержание волокон в более плотных слоях пыли и зафиксировать оседание пыли в течение долгого времени, необходим другой метод отбора проб. Для анализа, чтобы зарегистрировать слой пыли полностью, необходим многократный отбор проб с помощью липкой среды. Количество проб определяют, ориентируясь на толщину слоя пыли. Отбор проб проводят в одной и той же точке неоднократно, пока вся пыль не будет отобрана. Каждый образец среды на точке отбора проб должен быть использован только один раз.

7.6 Протокол отбора проб

Детально записывают информацию о каждой пробе и включают в нее, по крайней мере, следующее:

1) маркировку пробы;

2) точное описание точки отбора для каждой пробы:
   - здание;
   - помещение и размер помещения (общая площадь);
   - положение в помещении (горизонтальное/вертикальное);
   - тип поверхности (материал, структура).

Если этой информации недостаточно, то документируют детали пробы, составляют дополнительную диаграмму, делают фотографии или пометки на строительном плане.

Кроме того, записывают:

- дату отбора проб;
- Ф.И.О. сотрудника, проводившего отбор проб;
- цель измерения (например, в соответствии с таблицей 1);
- обоснование выбора точки(ек) отбора проб.

Если для пробы доступна другая важная информация, то ее также документируют в протоколе отбора проб.

Отбор проб в соответствии с настоящим стандартом

Дата _____ Ф.И.О. _____

Здание _____

Цель измерения _____

Количество проб/обозначение _____ Точка отбора проб _____

Положение (гор./вер.) _____ Тип поверхности _____

Помещение _____ Площадь помещения _____

Карта □ Диаграмма □ Фотография □

Другая информация (например, причина выбора точки отбора проб) _____

Рисунок 1 — Пример протокола отбора проб

8 Анализ с использованием СЭМ

8.1 Настройка параметров СЭМ

8.1.1 Увеличение и ускоряющее напряжение

Подсчет волокнистых структур проводят при двух различных увеличениях. Меньшим увеличением является увеличение в диапазоне от 300-кратного до 400-кратного. Большим увеличением является 1000-кратное.

Для идентификации методом ЭДРСА в зависимости от ширины структуры может быть необходимо использование более высокое увеличение (5000-кратное или выше). Ускоряющее напряжение для СЭМ и для подсчета, и для определения с использованием ЭДРСА составляет 15 или 20 кВ.

Настраивают СЭМ таким образом, чтобы волокна с шириной приблизительно 0,2 мкм легко определялись при 1000-кратном увеличении (см. приложение В).

При подсчете структур асбеста пробу не следует наклонять на угол более 20°.

8.2 Методика

8.2.1 Подготовка проб

На первом этапе исследуют часть пробоотборной липкой ленты, загруженной твердыми частицами под стереомикроскопом для определения степени однородности пробы. Выбирают секцию длиной, по крайней мере, 1 см, при необходимости подрезают специальными ножницами и прикрепляют к подготовленному держателю. В зависимости от цели измерения проводят плазменное травление пробы для удаления любых органических материалов. В таких случаях пробу покрывают золотом или углеродом.

Примечание — При покрытии проб углеродом или золотом следует обратить внимание на то, чтобы не нагреть их до температуры плавления самой липкой ленты. После покрытия на поверхности может частично наблюдаться образование кракелюра (волосных трещин). Это может затруднять анализ, но обычно не имеет особого значения, поскольку липкий слой при перегреве заметно не изменяется.

8.2.2 Исследование с использованием СЭМ

8.2.2.1 Исследуемая площадь отбора проб

В первую очередь на наличие волокнистых структур при более низком увеличении (от 300-кратного до 400-кратного) исследуют, по крайней мере, 10 мм^2 поверхности пробы (не менее 25 обзорных полей). Впоследствии, 1 мм^2 поверхности пробы анализируют при 1000-кратном увеличении. Анализ может быть завершен, если были обнаружены 60 взвешенных волокнистых структур (см. раздел 9). Волокнистые структуры, обнаруженные при более высоком увеличении и структуры менее 5 мкм в длине, не подсчитывают. Исследуемые области изображения должны быть отобраны в произвольном порядке на всей поверхности контактной пробы (приблизительно 1 см^2), избегая при этом наложения областей.

8.2.2.2 Правила подсчета волокнистых структур

- Все волокнистые структуры, содержащие видимые волокна искомого типа (асбест или ИСВ), подсчитывают и разделяют на четыре категории — отдельные волокна, пучок волокон, сгруппированные волокна или матрица волокон (см. раздел 3).
- Если волокнистая структура покрывает более одной восьмой области изображения, то это должно быть отмечено в форме для подсчета волокон.
- Все волокнистые структуры, выходящие за область изображения, подсчитывают.

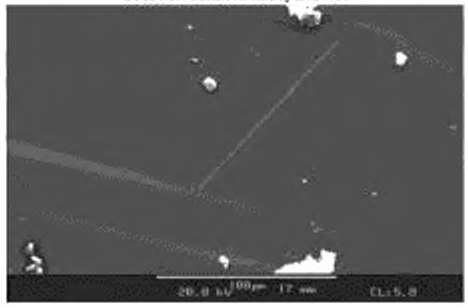
Примечание — Может быть определен размер (длина/ширина) подсчитываемых (асбестовых) структур, но это не является обязательной задачей.



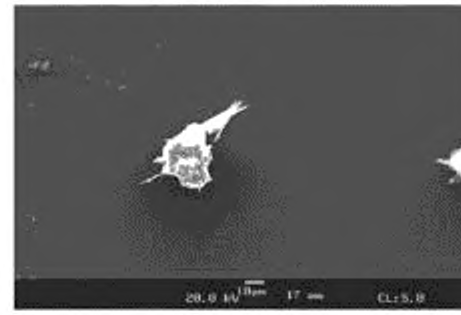
Сгруппированные волокна, покрывающие более одной восьмой области изображения



Сгруппированные волокна



Отдельное волокно



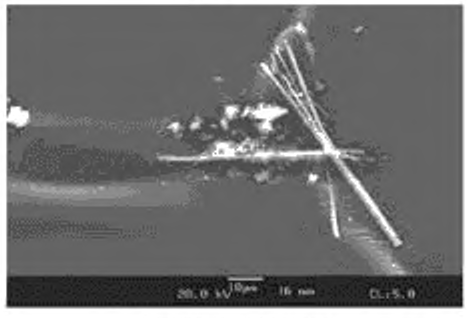
Матрица волокон



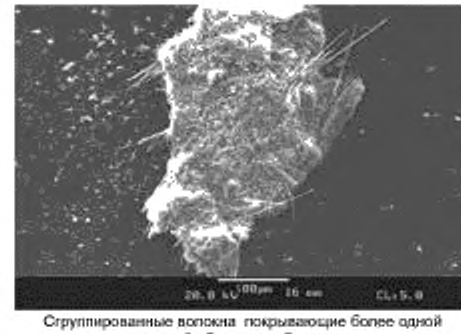
Пучок волокон



Матрица волокон



Сгруппированные волокна



Сгруппированные волокна покрывающие более одной восьмой области изображения

Рисунок 2 — Несколько примеров применения правил по подсчету волокон

8.3 Классификация волокон с использованием ЭДРСА

8.3.1 Общие критерии классификации

Волокна классифицируют посредством спектров ЭДРСА. Во-первых, вычисляют высоту пика P и фоновый уровень B с использованием отношения:

$(P + B)/B$ и затем относят полученное значение к одной из трех категорий:

- категория А: $(P + B)/B \geq 4$;
- категория В: $2 \leq (P + B)/B < 4$;
- категория С: $(P + B)/B < 2$ и большинство обнаруженных ($P > 3\sqrt{B}$).

Если при рассмотрении элементов только с атомным номером $Z \geq 11$ (т. е. начиная с натрия Na) спектр ЭДРСА содержит сигналы категорий А и В, то волокна классифицируют как неорганические волокна.

Примечание — Числа, приведенные выше для отношения $(P + B)/B$, зависят от энергетической разрешающей способности детектора. При разрешающей способности 130 эВ или меньше при отнесении к какой-либо категории можно использовать значение 6 вместо 4 и значение 3 вместо 2.

Критерии, приведенные в таблице 3, относятся к интерпретации спектров. На основе этих критериев можно различить только силикатные волокна со спектрами подобными хризотилу или амфиболу и другие упомянутые классы волокон.

Таблица 3 — Критерии для интерпретации спектров ЭДРС

Класс волокон	Критерий
Хризотил[a]	Пики магния Mg и кремния Si: категория А или В Пики железа Fe, марганца Mn и алюминия Al: категория С (возможно наличие дополнительных пиков в зависимости от присоединенных или соседних веществ, например кальция Ca, хлора Cl)
Амфибольный асбест (амозит, крокидолит)[b]	Пики Si и Fe: категория А или В Пики Mn, Mg и Na: возможна категория С (возможно наличие дополнительных пиков в зависимости от присоединенных или соседних веществ, например Ca, Cl)
Сульфат кальция (гипс)	Присутствуют различимые пики Ca и серы S (возможно наличие дополнительных пиков, если чистота сульфата кальция отличается от класса чистоты х.ч.)
Другие неорганические волокна	Волокна со спектром, который не удовлетворяет вышеупомянутым критериям, но содержит, по крайней мере, один пик элемента категории А или В, у которого $Z \geq 11$
Органические волокна	Волокна со спектром, не содержащим пики элементов категории А или В, у которых $Z \geq 11$

[a] Этому требованию также соответствуют амфиболовый асбест типа антофиллит и волокна талька, которые, однако, легко отличить от хризотила по их более низкому отношению Mg/Si.

[b] Если в пробе присутствует содержащий Ca амфиболовый асбест типа актинолита и тремолита, то следует отметить, что пик Ca должен определенно находиться в категории А или В и что пик Mg (тремолит) может возникнуть в дополнение или вместо пика Fe (актинолит). Если присутствует антофиллит, то в случае его насыщенной Mg модификации по категории А или В в спектре должен наблюдаться пик для Si и Mg. Fe тогда проявляется только как вспомогательный компонент. Наблюдают уменьшение содержания Mg по мере того, как содержание Fe увеличивается. Следует отметить, что амфиболовые модификации асбеста — тремолит, актинолит и антофиллит, в промышленных изделиях используют лишь в незначительной степени. Волокна, у которых отношение Mg/Si заметно ниже, чем у хризотила, могут представлять собой волокнистые частицы талька или волокна амфиболового асбеста типа антофиллита. Существует возможность отличить хризотил от талька или антофиллита с использованием количественного элементного анализа. Тальк и волокна антофиллита можно достоверно различить на основе отличий в их кристаллической структуре посредством дифракции электронов (ED), используя просвечивающий электронный микроскоп.

Важно понимать, что во время получения спектра волокон ЭДРСА рассеяние пучка электронов может привести к эмиссии рентгеновских лучей от частиц, присоединенных или находящихся в непосредственной близости от анализируемых волокон. Поэтому полученный спектр ЭДРСА может содержать вклады от этих частиц и пики рентгеновского излучения от элементов, которые не присутствуют в модификациях асбеста. В этих случаях следует попробовать получить спектры ЭДРСА для нескольких положений волокон на таком отдалении от присоединенных или соседних частиц или волокон, на каком это возможно, чтобы минимизировать вклад других частиц.

8.3.2 Дополнительные критерии классификации для модификаций асбеста

8.3.2.1 Серпентин (хризотил)

Волокна относят к серпентину (хризотилу), если выполнены следующие условия:

a) отчетливо проявляются пики Mg и Si, при этом $(P + B)/B < 2$;

b) все пики Fe, Mn и Al малы, при этом $P/B < 1$.

Примечания

1 В зависимости от состава присоединенных или соседних частиц могут проявляться пики других элементов, таких как Ca или Cl.

2 Антофиллит и тальк дают спектры ЭДРСА, соответствующие этому описанию, но отношение высот пиков Mg/Si для этих минералов ниже, чем для серпентина. Для того чтобы избежать ошибочного отнесения талька или антофиллита к серпентину, необходимо принимать во внимание отношение высот пиков Mg/Si и откалибровать детектор для ЭДРСА с использованием известных проб серпентина и талька.

8.3.2.2 Амозит

Волокна относят к амозиту, если выполнены следующие условия:

a) отчетливо проявляются пики Si и Fe, при этом $(P + B)/B < 2$;

b) все пики Na, Mn и/или Mg малы.

Примечание — В зависимости от присоединенных или соседних частиц могут проявляться пики других элементов, таких как Ca или Cl.

8.3.2.3 Крокидолит

Волокна относят к крокидолиту, если выполнены следующие условия:

a) отчетливо проявляются пики Na, Si и Fe, при этом $(P + B)/B < 2$;

b) все пики Mg и все пики Mn малы, при этом $P/B < 1$.

Примечание — В зависимости от присоединенных или соседних частиц могут проявляться пики других элементов, таких как Ca или Cl.

8.3.2.4 Тремолит или актинолит

Волокна относят к тремолиту или актинолиту, если выполнены следующие условия:

a) отчетливо проявляются пики Mg, Si и Ca, при этом $(P + B)/B < 2$;

b) может присутствовать пик Fe, но любые пики Na проявляются слабо, при этом $P/B < 1$.

Примечание — В зависимости от присоединенных или соседних частиц могут проявляться пики других элементов, таких как Ca или Cl.

8.3.2.5 Антофиллит или тальк

Волокна относят к антофиллиту/тальку, если выполнены следующие условия:

a) отчетливо проявляются пики Mg и Si, при этом $(P + B)/B < 2$;

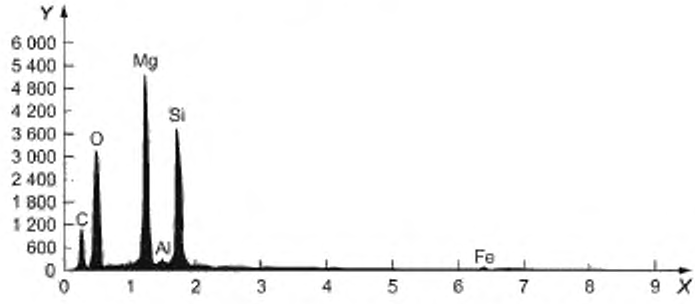
б) отношение высот (или площадей) пиков Mg/Si соответствует отношению, полученному на волокнах стандартного антофиллита или талька, и пики Fe и Ca малы.

Примечание — При использовании дополнительных аналитических критериев идентификации следует обратить внимание на примечание b в таблице 3.

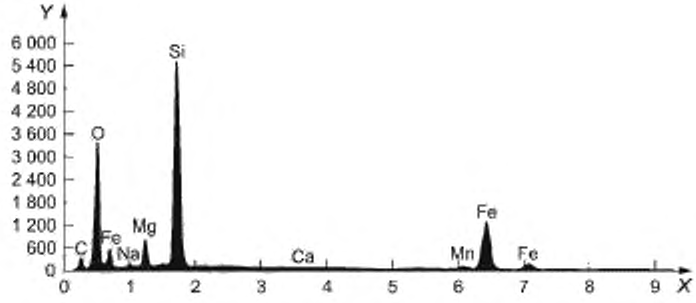
8.3.2.6 Справочный спектр ЭДРСА стандартной модификации асбеста

Для любого конкретного волокна относительные высоты пиков в спектре ЭДРСА изменяются в зависимости от особенностей детектора рентгеновского излучения. В частности, для пиков рентгеновского излучения от элементов с низким атомным номером для детекторов с ультратонким окном эффективность обнаружения выше, чем для стандартных детекторов с бериллиевым окном. Поскольку каждый детектор ЭДРСА обладает различными характеристиками эффективности, необходимо получить справочные спектры для каждой системы СЭМ-ЭДРСА с использованием стандартной модификации асбеста. Серия таких спектров, полученная с использованием детектора с ультратонким окном, приведена в

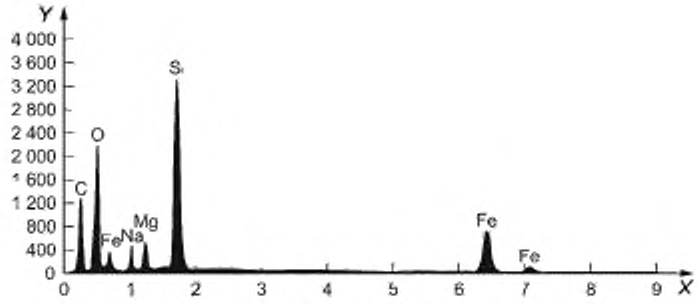
качестве примеров на рисунке 3. Эти спектры используют для сравнения при классификации волокон. Поскольку производительность детекторов ЭДРСА со временем может измениться, по прохождению соответствующих интервалов времени следует получать новые справочные спектры и особенно после проведения любого технического обслуживания детектора.



a) Хризотил (без покрытия золотом)

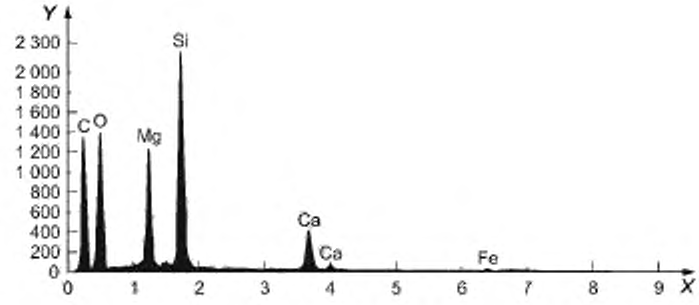


b) Амозит (без покрытия золотом)

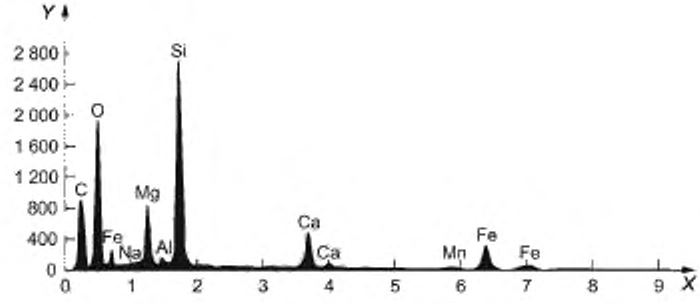


c) Крокидолит (без покрытия золотом)

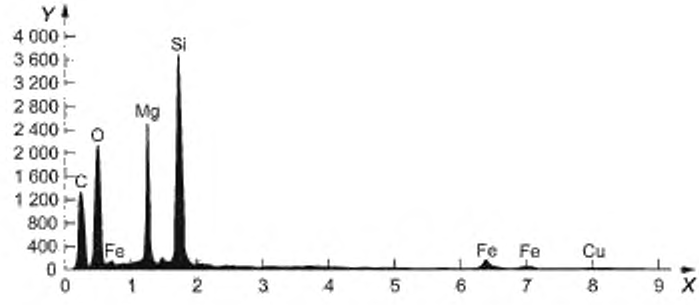
Рисунок 3 — Спектр ЭДРСА волокон стандартных модификаций асбеста, лист 1



d) Тремолит (без покрытия золотом)



e) Актинолит (без покрытия золотом)



f) Актофиллит (без покрытия золотом)

X — кэВ; *Y* — единица счета

Рисунок 3, лист 2

8.3.2.7 Дополнительные меры предосторожности во время получения спектров ЭДРСА

Во время получения спектров ЭДРСА необходимо следить за стабильностью пучка электронов, чтобы точка падения пучка находилась на структуре, и чтобы он не отклонялся от структуры во время анализа. Также необходимо обеспечить максимально возможно удаление точки падения пучка электронов от любых присоединенных или соседних волокон и/или частиц, чтобы получить спектр структуры с минимальным мешающим влиянием. В некоторых случаях невозможно классифицировать структуру однозначно. Это может происходить в результате влияния других частиц или волокон или из-за незначительного отношения «фон—сигнал». В случаях, когда это происходит, данные для этих структур отмечают звездочкой и в форме для подсчета структур указывают причину.

8.3.3 Дифференциальная классификация других волокон

8.3.3.1 Волокна неорганической продукции

Волокна могут быть классифицированы как волокна некоторой продукции, только если происхождение этих волокон может быть отнесено к продукту, который находится поблизости от местоположения отбора проб. Для этого необходимо, чтобы спектры волокон на фильтре согласовывались со спектрами волокон из продукции.

Для подтверждения отнесение, проба насыпного материала должна быть отобрана в соответствии с ISO 22262-1. Спектры ЭДРСА нескольких тонких волокон, отобранных из различных мест такой объемной пробы, следует сравнить друг с другом. При обнаружении относительно единообразных спектров с совпадающими пиками и распределением интенсивности, то из этих спектров может быть получен список характеристических элементов. Полученный список элементов, найденных в волокнах материала, может использоваться для классификации волокон.

Для идентификации в качестве волокна продукции регистрируют спектр для 10 тонких волокон в рассредоточенных образцах каждой пробы материала. Элемент включают в список элементов продукции в категории А, если он обнаружен в более чем восьми из этих 10 волокон с отношением сигнал/фон ≥ 3:1. Если он обнаружен в более чем шести волокнах из категории А или В, т. е. с отношением сигнал/фон ≥ 1:1, то это не является удовлетворительным условием для включения в список как А-элемент, и его рассматривают как В-элемент.

Что касается сравнения со спектрами на улавливающих пробоотборных фильтрах, рекомендуют следующую методику: в списке волокон элементов продукции каждый пик элемента классифицируют в одну из категорий А, В или С в зависимости от величины отношения $(P + B)/B$. На основании этой системы классификации волокна, полученные из пробы воздуха и отнесенные к классу «другие неорганические волокна», могут быть классифицированы как волокна продукции, если спектр ЭДРСА отвечает следующим условиям:

a) Элементы, пики которых отнесены к категории А в эталонном спектре, должны быть обнаружены с распределением интенсивности в соответствии с категорией В.

b) В эталонном спектре должна быть обнаружена треть элементов, которые отнесены к категории В. Если в эталонном спектре насыпного материала обнаружено менее трех элементов, то волокна классифицируют как волокно продукции, даже если ни одно из обнаруженных волокон не может быть отнесено к категории В. Однако, по меньшей мере, один элемент должен соответствовать критериям категории С. Например, спектр ЭДРСА стекловолокна из объемной пробы может указать на элементы Na, Mg, Al, Si, калий K и Ca, в то время как пик Na или также пики Al или Mg могут отсутствовать. В любом случае определяют четкие пики Si и Ca.

Перечень вышеупомянутых критериев классификации «других неорганических волокон» в качестве волокон продукции представляет собой общепринятое соглашение, которое может привести и к переоценке, и к недооценке фактической концентрации волокон продукции.

8.3.3.2 Органические волокна

Разделение различных типов органических волокон провести невозможно. Для этого необходимо наличие предварительной информации. В некоторых случаях неоходимо наличие известных исходных веществ, чтобы особенности морфологических структур, которые могут облегчить отнесение к определенным типам волокон, были определены по [8].

Для обнаружения органических волокон должны быть выполнены следующие условия:

- Не проводить холодное озоление проб.
- Допустимое ускоряющее напряжение испытывать на фактической пробе. В этом случае необходимо обеспечить возможность идентификации волокон шириной 0,2 мкм или, если таких тонких волокон в пробе не присутствует, то возможность идентификации самых тонких волокон.

- Следует использовать детекторы без окон или с ультратонкими окнами так, чтобы было возможно обнаружить легкие элементы от $Z = 6$ (углерод) и выше. В этой связи следует отметить, что некоторые детекторы легких элементов значительно занижают пик азота.

- Волокна классифицируют как органические волокна, если в спектрах ЭДРСА пики определяемых компонентов содержат элементы с $Z < 11$, особенно углерод С (кроме волокон углерода), кислород О и, возможно, могут также присутствовать азот N и фтор F, Cl или S.

9 Вычисление и представление результатов

Наряду с качественным анализом (присутствуют волокна определенной категории: да/нет), в совокупности с проанализированной площадью фильтра могут быть представлены количественные результаты как число волокнистых структур на см^2. Чтобы учесть более высокий потенциал воздействия пучков, сгруппированных волокон и матриц волокон, эти структуры утяжеляют в большей степени с помощью весовых коэффициентов (см. таблицу 4).

Таблица 4 — Коэффициенты утяжеления

Тип волокнистой структуры	Коэффициент утяжеления
Отдельное волокно	1
Пучок волокон	5 (10[a])
Сгруппированные волокна	5 (10[a])
Матрица волокон	5 (10[a])
[a] Если волокнистые структуры занимают одну восьмую площади поля изображения при увеличении от 300- до 400-кратного. Одну структуру взвешивают только один раз: с коэффициентом 5 или 10.	

Утяжеленные волокнистые структуры вычисляют по формуле

$$Z_W = \frac{\sum_{i=1}^{4} S_{W,i}}{A} \qquad (1)$$

где Z_W — утяжеленный результат подсчета, см$^{-2}$;

$S_{W,i}$ — утяжеленный результат подсчета отдельных волокнистых структур типа i, см$^{-2}$;

A — проанализированная площадь пробы, см^2.

Наряду с утяжеленным результатом подсчета также должны быть приведены количество фактически обнаруженных волокнистых структур и общая проанализированная площадь области изображения. Это является полезным для дальнейшего (например, статистического) исследования.

Вследствие существенной изменчивости ширины волокна, которая может быть вызвана, например, неоднородностью распределения волокон на поверхности, связанной с неизбежными вполне случайными отклонениями в анализе, выделено четыре класса, характеризующихся по утяжеленным результатам подсчета (см. таблицу 5). Анализ и представление результатов разделены согласно этим типам волокон (асбест, ИСВ).

Примечание — Количество (утяжеленных) структур, найденных при двух увеличениях, прибавляют к исследуемой площади.

Таблица 5 — Подразделение на классы (тип волокна указывает на асбест, ИСВ, другие волокна)

Анализ	Утяжеленный результат подсчета Z_{yy}, $см^{-2}$	Класс
Никаких типов волокон не обнаружено	0	0
Обнаружен неопределенный тип волокон	от 0 до 100	1
Поверхность четко загружена волокнами одного типа	от 100 до 500	2
Поверхность в большой степени загружена волокнами одного типа	более 500	3

Желательно использовать вышеупомянутую классификацию вместо «точных» данных о количественном распределении структур, вследствие значительного рассеивания измеренной плотности структур, влияющей частично стохастически, или вследствие неоднородности загрузки поверхности пылью. Утяжеление структур является общепринятым соглашением, и учитывает, что мультиволоконные структуры (особенно в случае асбеста) несут риск генерирования большего количества волокон, если в дальнейшем происходит их разделение, например, под механическим воздействием.

10 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен содержать как минимум следующую информацию:

- два значения увеличений для СЭМ (например, 300- и 1000-кратное);
- проанализированную площадь пробы при частичном увеличении;
- количество обзорных полей найденных волокнистых структур и связанные с ними идентификационные особенности (волокнистая структура, амфиболовый асбест, хризотил, ИСВ).

Примечание — Если были обнаружены волокнистые структуры асбеста различного строения, то эти структуры должны быть или зарегистрированы как один тип асбеста, или должны быть сделаны соответствующие замечания в колонке для примечаний. Это предотвращает двойной подсчет волокнистых структур.

Пример протокола подсчета приведен в приложении А.

11 Неопределенность измерения

11.1 Общие положения

Опыт показывает, что экспертиза поверхностей с применением метода измерения, приведенного в настоящем стандарте, в помещениях или зданиях, в которых никогда не использовалась асбестосодержащая продукция, и отсутствовали источники выбросов около здания, приводит в большинстве случаев к результату «асбеста не обнаружено». Причиной этого является низкая концентрация асбеста, обычно встречающаяся в атмосферном воздухе, так что даже плоские поверхности, которые не очищались в течение длительного времени, не демонстрируют в результате значимого загрязнения асбестом.

Измеренное значение определяют наряду с относительным отклонением случайной пробы (11.2) через серию влияющих факторов, значения которых не всегда точно известны и которые обычно приводят к отклонению слишком низких значений. Таким образом, для некоторых поверхностей, например, бетона, следует ожидать, что микронеровности, впадины и поры приведут к неоднородной загрузке пробы твердыми частицами. Аналогично можно предположить, что возможно не все волокна на поверхности будут удалены липкой лентой.

Несмотря на это, положительное обнаружение волокон согласно настоящему стандарту является очень точным признаком поверхностного загрязнения. Представляют интерес и индикаторы направленного действия (альвеолярные волокна), и факторы, которые используют как индикаторы будущего выделения волокон и эффективности режимов очистки. Поэтому было введено утяжеление для «мультиволокнистых структур» (пучок волокон, сгруппированные волокна, матрица волокон). Такой подход значительно облегчает анализ и гарантирует, что прямое преимущество контактных проб, а именно простота отбора проб, не снизится из-за необходимости больших усилий в анализе. В этом случае приоритет отдают большему объему случайно отобранных проб (больше индивидуальных проб), чем большей точности самой пробы.

11.2 Случайное отклонение

Осаждение волокнистых структур на поверхности подвергается случайному распределению. Конечное неизбежное случайное отклонение, связанное с пробой, идентично в своей структуре ожидаемому отклонению при измерениях воздуха.

Если исследуют участок небольшой площади (например, площадь, которая будет проанализирована позднее) и последовательность времени осаждения пыли разделяют на небольшие периоды времени t_i, то, начиная с точки при времени t_0 (начало осаждения), структуры оседают в момент времени t_n, следующая структура оседает при более позднем времени t_{n+x} и так далее. По прошествии времени T (время отбора проб липкой лентой) можно отметить, что при сравнении результата с аналогичными по размеру областями (размер пробы) в пределах большей оцениваемой площади поверхности (имеющей однородное осаждение), количество волокнистых структур отвечает закону распределения Пуассона. Если предполагают, что волокнистые структуры с поверхности приклеились к контактной пробе, не вызывая при этом значительных изменений, то согласно настоящему стандарту неутяжеленный результат подсчета соответственно также будет отвечать закону распределения Пуассона (см. также ISO 14966). Параметры, влияющие на случайное отклонение, связанное с пробой, и вычисление доверительных интервалов приведены в приложении С.

11.3 Отклонения в анализе и при взвешивании результатов подсчета

Меньшее отклонение при подсчете волокнистых структур по сравнению с анализом с помощью фильтров может ожидаться вследствие относительно простых правил подсчета волокнистых структур (не установлено пределов для длины или средних пределов, а также не требуется никакого деления «мультиволокнистых структур» на отдельные волокна и размеры). Отклонения, однако, возникают ввиду использования двух увеличений. При меньшем увеличении (от 300- до 400-кратного) следует ожидать, что отдельные волокна диаметром менее или приблизительно 0,6 мкм не будут обнаружены. Асбестосодержащие структуры большего размера (d > 0,6 мкм) подсчитываются более эффективно из-за используемого низкого увеличения. Это приводит к более массоориентированному значению, которое подчеркивается при использовании коэффициентов утяжеления.

Использование двух различных увеличений в отношении дифференцированного подсчета сгруппированных волокон привело бы к отклонениям вследствие лучшего разрешения при более высоком увеличении, так как отдельные волокна могут быть лучше отделены друг от друга. Одинаковые коэффициенты утяжеления, среди прочего, противодействуют этому. Коэффициенты утяжеления являются результатом общепринятого соглашения. Конечные отклонения в результате не могут быть точно определены количественно. Это ограничение учитывают за счет общей классификации только на четыре класса для степени поверхностного загрязнения.

С применением этого метода для серии из четырех проб были достигнуты следующие результаты с анализом в четырех лабораториях из трех разных стран (см. таблицу 6).

Таблица 6 — Сравнение результатов подсчета/разделения на классы

	Утяжеленная концентрация волокон ($см^{-2}$)/класс			
Проба	Лаборатория 1	Лаборатория 2	Лаборатория 3	Лаборатория 4
1	НО/0	НО/0	НО/0	НО/0
2	2300/3	1240/3	1482/3	2250/3
3	45/1	63/1	82/1	92/1
4	18/1	НО/0	НО/0	НО/0
НО — не обнаружено.				

Отклонение может отличаться в зависимости от типа волокон и загрузки пробы частицами.

11.4 Предел обнаружения

В настоящем стандарте предел обнаружения понимают как плотность волокнистой структуры ($см^{-2}$), ниже которой с 95%-ной вероятностью находится фактическая плотность, при которой во вре-

мя исследования СЭМ не обнаруживают никаких волокнистых структур. Предел обнаружения зависит от исследованной площади отбора проб *F*. При условии, что инструкции, приведенные в настоящем стандарте, соблюдают, предел обнаружения определяют следующим образом: для $n = 0$ или $S_W = 0$ (не найдено никаких волокнистых структур) верхний предел округляют до целого числа $\lambda_o = 4$ для доверительного интервала 97,5 %.

Примечание — В отличие от ISO 14966 здесь вычисление проводят для значения 0 с односторонним доверительным интервалом 97,5 % и округляют. В этом методе использовано несколько важных переменных, которые трудно вычислить.

Исходя из этого, предел обнаружения вычисляют по формуле

$$D = \frac{4}{F}, \tag{2}$$

где *F* — исследованная площадь отбора проб.

Для площади отбора проб 0,11 см^2, проанализированной в соответствии с настоящим стандартом, предел обнаружения волокнистых структур составит 36 см$^{-2}$.

12 Применение и инструкции по эксплуатации

12.1 Общие положения

На практике возникает ряд вопросов, которые лишь частично отражены в следующем. Переход от ранее используемых подходов к методу, описанному в настоящем стандарте, может привести к другим результатам. Это относится не только к классификации и анализу конечного результата, но и к способу, которым получают результат подсчета. Ранее пробу часто первоначально рассматривали в различных увеличениях, а затем в более точном анализе участки видимого загрязнения изучали при большем увеличении. Как следствие, это приводило к тому, что более низкую концентрацию волокон (менее 100 см$^{-2}$), как правило, оценивали выше, чем концентрацию, полученную с использованием настоящего стандарта. Однако, в зависимости от метода и критериев для анализа, процесс исследования часто преждевременно завершали, как только обнаруживали соответствующее количество структур, что, возможно, приводило к снижению оценки в верхнем диапазоне, как и при соблюдении приведенных ниже рекомендаций.

Четкое различие между сгруппированными волокнами, пучками и матрицами не всегда возможно. В этих случаях отнесение к какому-либо виду должно быть сделано по решению аналитика. Однако это отнесение не имеет большой важности для конечного результата, поскольку все структуры утяжеляют одинаково.

Правила подсчета и соответствующие определения были преднамеренно сохранены простыми, чтобы не влиять на фактическое преимущество контактных проб, а именно легкость отбора проб, слишком высокими требованиями к точности, что приведено в 11.1. Предполагают, что отклонение, являющееся результатом случайного отбора проб, в конечном результате преобладает во всех случаях, поэтому нет необходимости в очень подробном и сложном анализе индивидуальных проб.

12.2 Требования к пробам

В соответствии с настоящим стандартом пробоотборная область, которая будет проанализирована, представляет собой участок 1 см^2. Этот размер был выбран, потому что держатель на некоторых СЭМ позволяет проводить анализ проб размером немного более 1 см^2. Также такой размер пробы имеет преимущество, заключающееся в том, что на такой небольшой площади следует ожидать более однородную загрузку частиц, что приведет к меньшей дисперсии результатов. Если отбор проб проводят с использованием липкой ленты, то общая доступная площадь для отбора проб значительно больше. В таких случаях существует возможность для отбора двух или трех индивидуальных проб. Будет ли это полезно, зависит от конкретной поставленной задачи.

Если для исследований необходимы статистически достоверные результаты, то поверхность в области отбора пробы не должна иметь явные дефекты, такие как впадины или поры, также она должна

быть гладкой. Поскольку липкая лента может быть разной, то на одном и том же месте отбора проб или при сравнении мест должен использоваться один и тот же тип липкой ленты.

При использовании твердого носителя в качестве липкого материала (например, закрепленные углеродные подложки на держателях СЭМ) особенно важно для получения достоверного результата, чтобы на поверхности в пробоотборной области не было крупных и заметных частиц. Обычно это приводит к тому, что только эти частицы приклеиваются к поверхности контактной пробы и значительная часть пробоотборной поверхности не вступает в контакт с липкой средой.

12.3 Краткое описание результатов для совокупности индивидуальных проб

Определение среднего значения для серии проб, отобранных на одной площади поверхности, является уместным, если следует сравнить загрязнение двух поверхностей. Необходимым условием для этого является предположение об однородности загрязнения в конкретных областях.

В случае если суммируют совокупность индивидуальных проб на одной площади поверхности, то сначала складывают невзвешенные подсчитанные структуры S_i и затем делят их на всю проанализированную площадь. Это соответствует среднему значению S_M для этой площади.

$$S_M = \frac{\Sigma S_i}{\Sigma F_i} \tag{3}$$

где F — исследуемая пробоотборная область, см^2.

При этом имеет смысл в первую очередь сложить только отдельные волокнистые структуры, не включая мультиволокнистые, так, чтобы конечный результат позднее мог быть утяжелен.

В случае если друг с другом сравнивают средние значения двух площадей, то должны быть проведены испытания на проверку достоверности, основанные на сумме общих найденных структур ΣS_i (см. 11.2), а не на средней плотности волокнистых структур S_M, вычисленной по формуле (3).

Если проанализированные площади в пробах из двух областей имеют различные размеры, то сумма $\Sigma S_{i,1}$ из области F_i с большей проанализированной площадью должна быть соответственно преобразована и округлена до целого числа по формуле

$$\Sigma S'_{i,1} = int\left(\Sigma S_{i,1} \cdot \frac{F_2}{F_1}\right), \tag{4}$$

где $\Sigma S_{i,1}$ — сумма структур на площади F_1;

$\Sigma S'_{i,1}$ — нормированная сумма структур;

F_1 — площадь 1;

F_2 — площадь 2.

Приложение А
(справочное)

Пример формы для записи подсчета структур с использованием СЭМ

			Страница: из:	
Номер пробы:		Дата.	Ф.И.О.	
Увеличение:		Площадь области изображения ($мм^2$).		
Номер структуры	Номер области изображения	Тип	Структура	Утяжеление
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Итого: подсчитано структур/утяжеленный результат Σ				

Расшифровка сокращений		
Тип (асбестовых волокон)	Структура	Примечания
C = хризотил A = амозит CR = крокидолит AC = актинолит TR = тремолит AN = антофиллит	F = волокно B = пучок C = сгруппированные волокна M = матрица	
Другие волокна установленного типа и пометки:		

Приложение В
(обязательное)

Методика калибровки и настройки параметров СЭМ

В.1 Калибровка сканирующего электронного микроскопа

Образец СЭМ исследуют при ускоряющем напряжении приблизительно 1520 кВ и при увеличении от 300 до 400-кратного или при 1000-кратном. Для идентификации волокон с использованием СЭМ рекомендуют ускоряющее напряжение, равное 15—20 кВ.

Увеличение на экране должно быть откалибровано с использованием сертифицированного коммерчески доступного стандарта по увеличению. Важно понимать, что значение увеличения, показанное на некоторых моделях СЭМ, это то увеличение, которое применяют к микроснимкам, полученным регистрирующей системой записи, а не видимое на экране (ЭЛТ-дисплей). Анализ СЭМ проводят непосредственно на проекционном экране, и калибровка увеличения должна относиться к проекционному экрану.

Настройки СЭМ должны быть такими, чтобы волокна шириной приблизительно 0,2 мкм были видны при 1000-кратном увеличении.

Такие настройки устанавливают с помощью волокон подготовленной пробы или пробы для испытания, которые видны при приблизительно 1000-кратном увеличении, используемом для подсчета структур. Ширину этих волокон подтверждают их измерением при 1000-кратном увеличении. Следует выполнять такую настройку перед каждой серией анализов.

Детектор рентгеновского излучения располагают таким образом, чтобы он находился в противоположной стороне от наибольшего телесного угла к поверхности образца.

Примечания

1 На ЭЛТ-дисплее площадью 25 см ×16 см при 1000-кратном увеличении 25 обзорных поля соответствуют 1 мм^2 площади образца.

2 Ширина растровой строки на пробе (или пиксельная ширина для СЭМ с цифровым отображением) и диаметр электронного пучка являются факторами, которые определяют разрешение СЭМ. При условии, что ширина растровой строки или пиксельная ширина не превышают 0,25 мкм, не наблюдают никакого серьезного ухудшения изображения, относящегося к разрешению волокон толщиной 0,2 мкм длиннее 5 мкм.

В.2 Настройка параметров системы ЭДРСА

Должен быть использован наибольший возможный телесный угол для системы детектора ЭДРСА. Рабочие параметры СЭМ и системы детектора ЭДРСА должны быть выбраны таким образом, чтобы статистически приемлемый спектр рентгеновского излучения мог быть получен от волокон хризотила шириной 0,2 мкм в пробе для испытания не позднее, чем за 100 сек.

Критерий статистической приемлемости требует, чтобы для высоты пика P и фонового уровня B выполнялось следующее соотношение:

$$P > 3\sqrt{B} \qquad (B.1)$$

при минимальном количестве импульсов в канале, равном 30, соответствующем максимальной высоте пика для каждого пика Mg и Si, и

$$(P + B)/B < 2 \qquad (B.2)$$

для каждого пика Mg и Si.

Приложение С
(справочное)

Случайное отклонение пробы

Случайное отклонение пробы может быть описано законом распределения Пуассона — формулой

$$W(\langle n\rangle, n) = \frac{1}{n!} \cdot \langle n\rangle^{n} \cdot e^{-\langle n\rangle}, \tag{C.1}$$

где W — вероятность;

$\langle n\rangle$ — среднее значение количества волокнистых структур на рассматриваемой площади поверхности;

n — результат подсчета (количество подсчитанных структур).

Для результата подсчета n 95%-ный доверительный интервал среднего значения, приводящий к этому результату подсчета, вычисляют по формуле

$$\frac{\int_{\lambda_u}^{\lambda_o} \langle n\rangle^{n} \cdot \exp\{-\langle n\rangle\} \cdot d\langle n\rangle}{\int_{0}^{\infty} \langle n\rangle^{n} \cdot \exp\{-\langle n\rangle\} \cdot d\langle n\rangle} = 0{,}95, \tag{C.2}$$

где λ_o и λ_u — верхняя и нижняя границы 95 %-ного доверительного интервала среднего значения $\langle n\rangle$.

Доверительный интервал может быть вычислен с использованием распределения χ^2.

Нижнюю границу доверительного интервала вычисляют по формуле

$$\lambda_u = D/2. \tag{C.3}$$

Верхнюю границу доверительного интервала вычисляют по формуле

$$\lambda_o = E/2, \tag{C.4}$$

где λ_o и λ_u — верхняя и нижняя границы 95 %-ного доверительного интервала среднего значения $\langle n\rangle$;

D — значение распределения χ^2 с $2n$ степенями свободы и уровнем значимости $(1 - \alpha/2)$;

E — значение распределения χ^2 с $2(n + 1)$ степенями свободы и уровнем значимости $\alpha/2$.

Для 95 %-ного доверительного интервала принимают $\alpha = 2$. При этом n обозначает количество структур. Значения λ_u и λ_o округляют до целого числа.

Если в результате подсчета получают значение, равное 0, которое считают особым случаем, то λ_o вычисляют для вероятности $\alpha = 0{,}1$.

В то время как верхняя граница, вычисленная выше, наряду с принятым средним результатом подсчета n особенно важна в измерениях воздуха для испытаний предельного значения, часто возникает вопрос касательно контактных проб, а именно значительно ли отличаются друг от друга два результата подсчета и, таким образом, загрязнения площади поверхности. Если вероятность ошибки принимают равной 5 %, то для случайного отклонения пробы можно сказать, что два результата подсчета действительно значительно отличаются, если λ_o' меньшего результата подсчета n_1 меньше λ_u' большего результата подсчета n_2. На основании этого вычисляют конкретные верхние и нижние границы для вероятности $\alpha = 0{,}1$ (λ_u' большего результата подсчета n_2) и $\alpha = 0{,}9$ (λ_o' меньшего результата подсчета n_1) с использованием распределения χ^2 (см. выше).

Как уже было отмечено, отклонения при отборе проб, а также мешающие влияния, приводящие к другому распределению структур на поверхности, трудно определить количественно. Вследствие искажений исчезает взаимосвязь среднего значения и квадрата изменчивости, типичная для закона распределения Пуассона. На рисунке С.1 приведены примеры, демонстрирующие отклонения от идеального закона распределения Пуассона, если принято отрицательное биномиальное распределение с двумя параметрами. Параметр, принятый на рисунке как $r = 7$, является мерой отклонения от закона распределения Пуассона.

Примечание — Параметр r символизирует один из двух параметров, которые определяют отрицательное биномиальное распределение ($r > 0$ и обозначено здесь целым числом). Второй параметр обозначают как p, и его значение должно лежать в диапазоне $0 < p < 1$. Для $r \to \infty$ отрицательное биномиальное распределение приводит к закону распределения Пуассона.

Учитывая вышесказанное, на практике рекомендуют вычисления с использованием верхних и нижних пределов в первом приближении согласно таблице в конце этого приложения в качестве первого шага в вопросе дифференцирования двух значений загрязнения поверхностей. Такая методика, по крайней мере, частично учитывает разброс закона распределения Пуассона через мешающие влияния.

В случаях, если с большой точностью относительно загрязнения неорганическими волокнами сравнивают две поверхности, то, при необходимости, следует использовать статистические методы испытаний и учесть требуемые предварительные условия, такие как определение количества проб и их пространственное распределение в плане измерений.

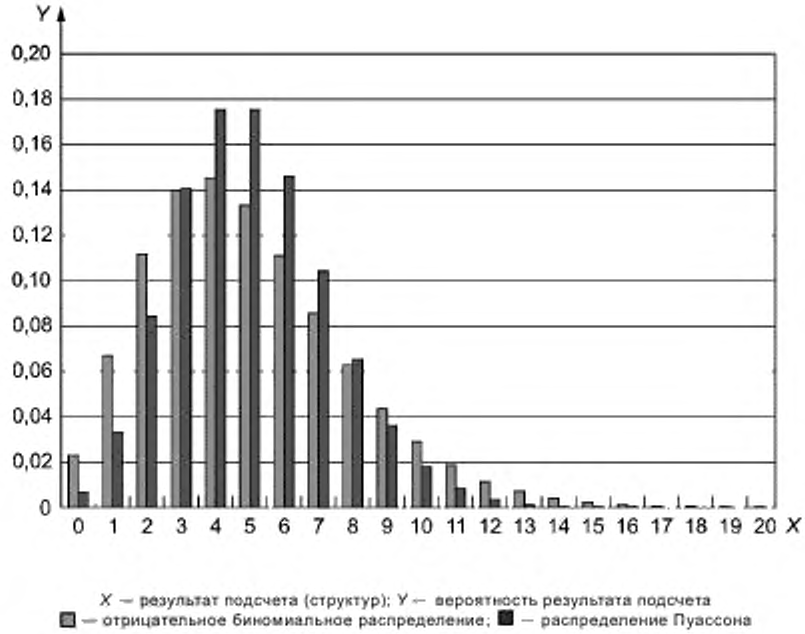


Рисунок С.1 — Пример увеличения рассеяния при мешающих влияниях

Таблица С.1 — Верхний и нижний пределы 95%-ного доверительного интервала для закона распределения Пуассона

1—33			34—66			67—99		
Номер структуры	95 % λ_u	95 % λ_o	Номер структуры	95 % λ_u	95 % λ_o	Номер структуры	95 % λ_u	95 % λ_o
1	0	6	34	24	48	67	52	85
2	0	7	35	24	49	68	53	86
3	1	9	36	25	50	69	54	87
4	1	10	37	26	51	70	55	88
5	2	12	38	27	52	71	55	90
6	2	13	39	28	53	72	56	91

Окончание таблицы С.1

1--33			34—66			67--99		
Номер структуры	95 % λ_u	95 % λ_o	Номер структуры	95 % λ_u	95 % λ_o	Номер структуры	95 % λ_u	95 % λ_o
7	3	14	40	29	54	73	57	92
8	3	16	41	29	56	74	58	93
9	4	17	42	30	57	75	59	94
10	5	18	43	31	58	76	60	95
11	5	20	44	32	59	77	61	96
12	6	21	45	33	60	78	62	97
13	7	22	46	34	61	79	63	98
14	8	23	47	35	63	80	63	100
15	8	25	48	35	64	81	64	101
16	9	26	49	36	65	82	65	102
17	10	27	50	37	66	83	66	103
18	11	28	51	38	67	84	67	104
19	11	30	52	39	68	85	68	105
20	12	31	53	40	69	86	69	106
21	13	32	54	41	70	87	70	107
22	14	33	55	41	72	88	71	108
23	15	35	56	42	73	89	71	110
24	15	36	57	43	74	90	72	111
25	16	37	58	44	75	91	73	112
26	17	38	59	45	76	92	74	113
27	18	39	60	46	77	93	75	114
28	19	40	61	47	78	94	76	115
29	19	42	62	48	79	95	77	116
30	20	43	63	48	81	96	78	117
31	21	44	64	49	82	97	79	118
32	22	45	65	50	83	98	80	119
33	23	46	66	51	84	99	80	121

Примечание — Для результата подсчета «0» см. 11.4.

Приложение D
(справочное)

Пример использования метода для воздуха замкнутых помещений

D.1 Цели измерения и количество проб

Количество проб, отобранных липкой лентой, зависит от цели измерения. В следующем примере показана ситуация, в которой обозначена площадь, требующая очистки после удаления асбестосодержащих листов с распыленным асбестом вокруг входного отверстия для кабеля (0,6 × 0,6 м), в комнате площадью около 400 м^2.

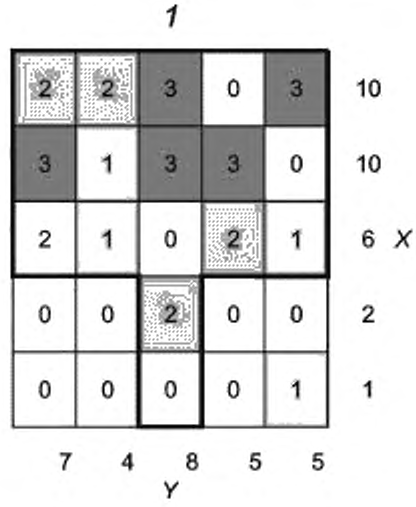
Подвод кабеля был осуществлен очень близко к потолку. Пол в комнате убирали регулярно, так что никаких видимых загрязнений не было обнаружено. Для оценки загрязненной площади было решено отобрать пробы липкой лентой с потолка, имеющего бетонную поверхность так, чтобы места отбора проб были равноудалены друг от друга на 5 м.

D.2 Результаты

На рисунке D.1 приведена схема, представляющая места отбора проб вместе с результатами, классифицированными по таблице 5. Для обозначенной площади были установлены следующие правила:

a) Суммарное количество вычисляют в горизонтальном и вертикальном направлении.

b) Если суммарное количество в одном из направлений больше, чем количество точек отбора проб, то представленную область включают в процесс очистки до точки, где в результате измерения были получены два граничащих «нулевых значения» (не обнаружено асбеста). (См. колонку 1, имеющую итоговое значение 7, при этом в очистку включают только ряды 1—3, потому что ряды 4 и 5 в этой колонке имеют значение ноль, и они граничат.)



X — суммарное количество (по горизонтали); *Y* — суммарное количество (по вертикали);
1 — входное отверстие для кабеля

Рисунок D.1 — Схематическое изображение местоположения отбора проб и полученных результатов

Область, которая будет включена в процесс очистки, выделена жирной черной линией.

В этом примере были оценены все пробы, отобранные липкой лентой. Первоначально прежде, чем принять решение о дальнейшем анализе проб, следует оценить пробы на горизонтальной и вертикальной центральной линии (9 проб). В этом примере для достижения продемонстрированных результатов было бы достаточно проведения первоначальной оценки.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 22262-1	—	*
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.		

Библиография

[1] ISO 14966 Ambient air — Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles — Scanning electron microscopy method

[2] ASTM D 6480 — 05(2010) Standard Test Method for Wipe Sampling of Surfaces, Indirect Preparation, and Analysis for Asbestos Structure Number Surface Loading by Transmission Electron Microscopy

[3] ASTM D 5755 — 09 Standard Test Method for Microvacuum Sampling and Indirect Analysis of Dust by Transmission Electron Microscopy for Asbestos Structure Number Surface Loading

[4] VDI 3866 part 5: 2004-10 Determination of asbestos in technical products; Scanning electron microscopy method

[5] VDI 3492:06: 2013 Indoor air measurement, ambient air measurement — Measurement of inorganic fibrous particles, scanning electron microscopy method

[6] VDI 3877 part 1: 2011-09 Indoor air measurement — Measurement of fibrous dust settled on surfaces, Sampling and analysis (СЭМ/ЭДРСА)

[7] ASTM D7390 — 07 Standard Guide for Evaluating Asbestos in Dust on Surfaces by Comparison Between Two Environments

[8] Latzke P. & Hesse R. Textile Fasern. Deutscher Fachverlag, 1988, Frankfurt am Main, Germany

УДК 504.3:006.354 МКС 13.040.20 Т58

Ключевые слова: воздух, замкнутые помещения, волокнистая пыль, сканирующий электронный микроскоп, пучок, сгруппированные волокна, дифракция электронов, энергодисперсионный рентгеноструктурный анализ

БЗ 6—2018/285

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.В. Смирнова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 16.05.2018. Подписано в печать 28.05.2018. Формат 60×84⅛ Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,76.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
123001 Москва, Гранатный пер., 4. www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru