ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59960— 2021/ ISO/TS 21237:2020

Нанотехнологии

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФИЛЬТРОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА, СОДЕРЖАЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОВОЛОКНА

Характеристики и методы измерений

(ISO/TS 21237:2020, Nanotechnologies — Air filter media containing polymeric nanofibres — Specification of characteristics and measurement methods, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией в области технического регулирования и аккредитации «ВНИИНМАШ» (АНО «ВНИИНМАШ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии документа, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 441 «Нанотехнологии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 декабря 2021 г. № 1828-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу ISO/TS 21237:2020 «Нанотехнологии. Материалы для воздушных фильтров, содержащие полимерные нановолокна. Описание характеристик и методов измерений» (ISO/TS 21237:2020 «Nanotechnologies — Air filter media containing polymeric nanofibres — Specification of characteristics and measurement methods», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного документа для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5)

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, 2020
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

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 Сокращения 2
5 Характеристики фильтрующего наноматериала и методы измерений, применяемые для их определения 3
5.1 Общие положения 3
5.2 Основные и дополнительные характеристики, методы измерений 3
5.3 Рекомендации по определению характеристик и применению методов измерений 3
6 Протокол испытаний 6
Приложение А (справочное) Типичные структуры фильтрующих наноматериалов 7
Приложение В (справочное) Форма протокола испытаний по определению основных характеристик фильтрующего наноматериала 9
Приложение С (справочное) Форма протокола испытаний по определению дополнительных характеристик фильтрующего наноматериала 10
Библиография 11

Введение

Материалы, применяемые в фильтрах очистки воздуха, влияют на их производительность и эффективность. Как правило, для изготовления фильтров очистки воздуха применяют нетканые материалы, предназначенные для отделения взвешенных частиц от газообразных или жидких сред. Фильтрующие материалы для очистки воздуха имеют широкий спектр применения, например, их используют в воздухоочистных устройствах для газотурбинных установок, промышленном пылеулавливающем оборудовании, средствах индивидуальной защиты (включая респираторы), системах отопления, вентиляции и кондиционирования, в оборудовании для чистых помещений и т. д.

Фильтрующие материалы для фильтров очистки воздуха, содержащие нановолокна, коммерциализированы, их используют в различных отраслях промышленности ввиду их высокой эффективности фильтрации при низких перепадах давления, обусловленных эффектом скольжения потока [6]. Фильтрующий материал, содержащий нановолокна, как правило, изготавливают путем нанесения полимерных нановолокон одного или нескольких типов непосредственно на поверхность пористой подложки во время их прядения.

Диаметры нановолокон значительно меньше, чем у микроволокон, используемых в фильтрах, поэтому нановолокна обеспечивают более высокую вероятность инерционного удара и задержания частиц, т. е. более оптимальную эффективность фильтрации. Скольжение потока воздуха также приводит к уменьшению перепада давления и прохождению в больших количествах загрязняющих веществ около поверхности нановолокон. Следовательно, эффективность механизмов инерционного столкновения и задержания частиц возрастает. В результате этого эффективность фильтрации слоя нановолокон увеличивается при таком же перепаде давления по сравнению с эффективностью фильтрации слоя обычного волокна. Кроме того, большая удельная площадь поверхности нановолокон способствует адсорбции загрязняющих веществ из воздуха. Благодаря наличию таких характеристик фильтрующие материалы, содержащие слой/слои нановолокон, применяют в различных фильтрах очистки воздуха [6], [7], [8].

Для изготовления фильтрующих материалов с нановолокнами для фильтров очистки воздуха используют различные способы, например электропрядение, прядение под воздействием различных сил и др. Осажденные нановолокна образуют слой нетканого полотна на поверхности подложки. Нановолокна изготавливают с различными морфологическими характеристиками, кристаллической структурой и диаметрами. Удельная площадь поверхности и пористость сформированного слоя нетканого материала, а также упорядоченность в нем волокон, как правило, зависят от диаметров нановолокон и их морфологических характеристик. Нановолокна для фильтров очистки воздуха, как правило, изготавливают из таких материалов, как полиамид, поливинилиденфторид (ПВДФ), полиакрилонитрил (ПАН) и полиуретан (ПУ). Нановолокна наносят на различные виды тканых и нетканых материалов. В приложении А приведена схема поперечного сечения фильтрующего материала, содержащего слой полимерных нановолокон, применяемого в фильтрах очистки воздуха (см. рисунок А.1) и изображения слоев нановолокон с различными морфологическими характеристиками, полученные методом растровой электронной микроскопии (см. рисунки А.2 и А.3).

Настоящий стандарт предназначен для обеспечения взаимопонимания между изготовителями и потребителями, коммерциализации и продвижения на рынок нового типа фильтрующих материалов для фильтров очистки воздуха.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нанотехнологии

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФИЛЬТРОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА, СОДЕРЖАЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОВОЛОКНА

Характеристики и методы измерений

Nanotechnologies. Air purification filter materials containing polymer nanofibers. Characteristics and measurement methods

Дата введения — 2022—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на фильтрующий материал, содержащий слой полимерных нановолокон (далее — фильтрующий наноматериал), применяемый в фильтрах очистки воздуха (далее — фильтры). Настоящий стандарт устанавливает перечень характеристик фильтрующего наноматериала и содержит рекомендации по применению соответствующих методов измерений для их определения.

Настоящий стандарт не устанавливает значения характеристик фильтрующего наноматериала и требования безопасности, включая воздействие фильтрующих наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека при их изготовлении и применении.

Примечание — Оценку свойств/рабочих характеристик материалов фильтра выполняют в соответствии с требованиями, установленными в стандартах на фильтр конкретного типа. Характеристики, влияющие на эксплуатационные и физические свойства фильтрующих материалов, такие как перепад давления и эффективность фильтрации, определяют методами, установленными в стандартах на фильтр конкретного типа.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте нормативные ссылки отсутствуют.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- Электропедия МЭК доступна на gost.e-ecolog.ru ;
- платформа онлайн-просмотра ИСО доступна на gost.e-ecolog.ru .

3.1 **фильтр очистки воздуха; фильтр** (air filter; filter): Фильтр, предназначенный для удаления взвешенных частиц (3.6) и в некоторых случаях газообразных загрязнений из проходящего через него воздуха.

Примечания

1 Фильтр, как правило, состоит из слоя или слоев пористого, волокнистого или гранулированного материала.

2 Воздух, очищаемый фильтром, проходит через фильтр, тогда как воздухоочиститель уменьшает загрязнение воздуха любым способом.

Издание официальное

[ISO 29464: 2017, статья 3.1.16, терминологическая статья изменена. В качестве основного термина применен термин «фильтр очистки воздуха»]

3.2 **фильтрующий материал для фильтра очистки воздуха** (air filter medium): Пористый проницаемый материал, используемый для фильтрации (3.3), внутри которого фильтрат улавливается или осаждается.

Примечание — Фильтрующий наноматериал состоит из слоя (слоев) нановолокон (3.5) и подложки (3.7).

[ISO 9912-1:2004, статья 2.27, терминологическая статья изменена путем включения в термин понятия «очистка воздуха» и добавления примечания]

3.3 **фильтрация** (filtration): Отделение загрязняющих веществ от жидкой или газообразной среды, в которой они находятся в виде взвешенных частиц, за счет их удержания (в более широком смысле, включая все мероприятия, связанные с изготовлением и вводом в эксплуатацию фильтровальной установки).

[ISO 29464:2011, статья 3.5.29]

3.4 **нанодиапазон** (nanoscale): Диапазон линейных размеров приблизительно от 1 до 100 нм.

Примечание — Уникальные свойства нанообъектов проявляются преимущественно в пределах данного диапазона.

[ISO/TS 80004-1:2015, статья 2.1]

3.5 **нановолокно** (nanofibre): Нанообъект, линейные размеры которого по двум измерениям находятся в нанодиапазоне (3.4), а по третьему измерению значительно больше.

Примечания

1 Наибольший линейный размер может находиться вне нанодиапазона.

2 Допускается применять термины синонимы «нанофибрилла» или «нанонить».

3 Если по одному или двум измерениям размеры нанообъекта значительно больше, чем по третьему измерению (как правило, более чем в три раза), то вместо термина «наночастица» допускается использовать термины «нановолокно» или «нанопластина».

[ISO/TS 80004-2:2015, статья 4.5]

3.6 **частица** (particle): Мельчайшая часть вещества с определенными физическими границами.

Примечания

1 Физическая граница может также быть описана как межфазная область взаимодействия (интерфейс).

2 Частица может перемещаться как единое целое.

3 Настоящее определение частицы применимо к нанообъектам.

[ISO/TS 80004-2:2015, статья 3.1]

3.7 **подложка** (substrate): Базовый слой, на поверхность которого наносят нановолокна (3.5).

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АСМ — атомно-силовая микроскопия;

ДРИ — дифракция рентгеновского излучения;

ИК — инфракрасное излучение;

ПЭМ — просвечивающая электронная микроскопия;

ПЭ-РЭМ — полевая эмиссионная растровая электронная микроскопия;

РЭМ — растровая электронная микроскопия;

СТМ — сканирующая туннельная микроскопия;

ТГ — термогравиметрия;

УФ-В — ультрафиолетовая и видимая области спектра;

Фурье-ИКС — инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье.

5 Характеристики фильтрующего наноматериала и методы измерений, применяемые для их определения

5.1 Общие положения

В настоящем разделе приведены основные и дополнительные характеристики фильтрующих наноматериалов и методы их измерений. Сущность методов измерений и рекомендации по их применению приведены для каждой характеристики в отдельном подразделе.

При проведении всех измерений в качестве испытуемого образца применяют фильтрующий наноматериал заданных размеров, представляющий собой подложку с нанесенным(и) на нее слоем (слоями) нановолокон.

5.2 Основные и дополнительные характеристики, методы измерений

Основные характеристики фильтрующего наноматериала, приведенные в таблице 1, подлежат обязательному определению. Для определения каждой характеристики следует применять соответствующий метод измерений, указанный в таблице 1. Допускается применять другие методы измерений, указанные в таблице 1 как дополнительные.

При испытаниях по определению основных характеристик фильтрующего наноматериала, указанных в таблице 1, измерения выполняют на слое нановолокон, нанесенном на подложку. Результаты испытаний оформляют протоколом, форма которого приведена в приложении В.

Таблица 1 — Основные характеристики фильтрующего наноматериала и метод(ы) измерений

Характеристика	Основной метод измерений	Дополнительный метод измерений
Диаметр волокна	РЭМ или ПЭ-РЭМ	ПЭМ
Морфологические характеристики	РЭМ или ПЭ-РЭМ	ПЭМ, АСМ или СТМ

Рекомендуется определить дополнительные характеристики фильтрующего наноматериала, приведенные в таблице 2. Для определения каждой характеристики следует применять соответствующий метод измерений, указанный в таблице 2. Допускается применять другие методы измерений, указанные в таблице 2, в качестве дополнительных. При испытаниях по определению дополнительных характеристик, указанных в таблице 2, измерения выполняют на образце фильтрующего наноматериала.

Таблица 2 — Дополнительные характеристики фильтрующего наноматериала и метод(ы) измерений

Характеристика	Основной метод измерений	Дополнительный метод измерений
Удельная площадь поверхности	Метод адсорбции газа	—
Химический состав	Фурье-ИКС и/или УФ-В-спектрофотометрия	Спектроскопия комбинационного рассеяния света, спектроскопия ядерного магнитного резонанса, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, газовая хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография
Термостабильность	ТГ	—
Кристаллическая структура	ДРИ	ПЭМ или локальная электронография
Кристалличность	ДРИ	Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК)
Средний размер кристаллитов	ДРИ	РЭМ или ПЭМ

5.3 Рекомендации по определению характеристик и применению методов измерений

5.3.1 Общие положения

В 5.3.2—5.3.9 приведены описания характеристик фильтрующих наноматериалов, указанных в таблицах 1 и 2, и рекомендации по их определению с применением соответствующих методов измерений.

5.3.2 Диаметр волокна

Диаметры нановолокон, слой которых нанесен на поверхность фильтрующего наноматериала, — одна из основных характеристик, влияющих на эффективность фильтра.

В испытуемом образце фильтрующего наноматериала в слое нановолокон могут содержаться другие волокна диаметрами более 100 нм. Изображения, полученные методами микроскопии, анализируют и измеряют диаметры нановолокон и других волокон, содержащихся в слое нановолокон.

Диаметр волокна на двухмерном изображении — это расстояние между двумя точками на линии поперечного сечения волокна, перпендикулярной его продольному направлению. Следует учитывать, что волокно может иметь изгибы и ответвления. Рекомендуется измерить диаметр каждого волокна на изображении. Если на изображении диаметр изменяется вдоль оси волокна, то измеряют и регистрируют в протоколе наибольший диаметр волокна.

Отобранные для измерений диаметров волокна должны быть репрезентативными для слоя нановолокон, при этом при обработке результатов следует учитывать все типы волокон на изображении. Для одного испытуемого образца следует измерить и зарегистрировать в протоколе диаметры не менее 100 волокон [9], [10].

Изображения получают методом РЭМ или ПЭ-РЭМ. Если отсутствует возможность использования методов РЭМ или ПЭ-РЭМ, то допускается применять метод ПЭМ. Результаты измерений представляют в виде гистограммы зависимости числа волокон от их диаметров с соответствующим интервалом диаметров. Среднее (медианное) и стандартное отклонение диаметров волокон вычисляют и выражают в нанометрах.

Примечание — Если волокна на изображениях, полученных методами микроскопии, не являются репрезентативными для слоя нановолокон, то в протоколе испытаний допускается регистрировать качественные результаты. При этом следует учитывать существенную неопределенность таких результатов.

5.3.3 Морфологические характеристики

Наличие анализируемых нановолокон, нанесенных на поверхность подложки, подтверждают изображениями, полученными методами микроскопии. Следует учитывать, что морфологические характеристики слоя нановолокон могут оказывать существенное влияние на характеристики фильтра [9], [11], [12], [13]. По результатам определения морфологических характеристик слоя нановолокон получают необходимую информацию. К морфологическим характеристикам относятся: ориентация, структура и форма нановолокон и других твердых объектов, нанесенных вместе со слоем нановолокон на поверхность подложки. В приложении А приведены примеры изображений фильтрующих наноматериалов с различными морфологическими характеристиками слоя нановолокон. Изображения поверхности слоя нановолокон получают методом РЭМ или ПЭ-РЭМ с соответствующим увеличением при условии, что анализируемые нановолокна должны быть четко видны. Если отсутствует возможность использования методов РЭМ и ПЭ-РЭМ, то допускается применять методы ПЭМ, АСМ или СТМ. При этом на каждом изображении должна быть указана шкала увеличения. Число изображений для анализа, получаемых методами микроскопии, может быть согласовано между изготовителем/поставщиком и потребителем.

5.3.4 Удельная площадь поверхности

Удельная площадь поверхности фильтрующего наноматериала является важной характеристикой, влияющей на эффективность фильтра. Удельную площадь поверхности определяют как отношение абсолютной площади поверхности испытуемого образца к его массе. В качестве испытуемого образца применяют фильтрующий наноматериал, представляющий собой подложку с нанесенным(и) на нее слоем(слоями) нановолокон.

Удельную площадь поверхности образца фильтрующего наноматериала определяют методом адсорбции газа (см. ИСО 9277). В данном методе измеряют объем газа, адсорбированного поверхностью образца фильтрующего наноматериала [14].

Примечание — Следует учитывать, что удельная площадь поверхности фильтрующего наноматериала представляет собой общую площадь поверхности нановолокон и подложки и может быть значительно меньше, чем у нановолокон без подложки.

5.3.5 Химический состав

Химический состав полимерных материалов, используемых для прядения нановолокон (как правило, тип материала, процентное соотношение массовых долей составляющих веществ и примесей), может влиять на такие свойства нановолокон, как водоотталкивающая способность, стабильность размеров, огнестойкость, влагопоглощение, прочность на разрыв, химическая реакционная способность и др. [15].

Сведения о химическом составе полимерного материала, примененного для изготовления нановолокон, должны быть указаны в спецификации или паспорте безопасности материала и предоставлены изготовителем/поставщиком изготовителю фильтрующего наноматериала.

Химический состав нановолокон определяют методом абсорбционной спектрофотометрии в ИК или УФ-В диапазоне спектра излучения. ИК-спектрофотометрия — это вид спектрофотометрии, предназначенной для исследования материалов в инфракрасной области электромагнитного спектра с целью получения информации о типе химических связей и функциональных группах. Для проведения испытаний данным методом нановолокна смешивают с бромистым калием (KBr) для получения гранул. Далее применяют метод Фурье-ИКС, в котором испытуемый образец облучают инфракрасным излучением и с помощью спектрометра регистрируют спектры поглощения. Затем полученные спектры анализируют с применением соответствующего программного обеспечения для ИК- спектрофотометрии.

УФ-В-спектрофотометрия — это вид спектрофотометрии, предназначенной для измерений спектров электромагнитного излучения в видимом и ультрафиолетовом диапазонах длин волн после прохождения излучения через испытуемый образец. Допускается проводить измерения на одной длине волны или в диапазоне от 200 до 800 нм. Данным методом определяют химический состав нановолокон. Если отсутствует возможность использования метода Фурье-ИКС или УФ-В-спектрофотометрии, то допускается применять другие методы измерений, включая спектроскопию комбинационного рассеяния света, спектроскопию ядерного магнитного резонанса, энергодисперсионную рентгеновскую спектроскопию, газовую хроматографию или высокоэффективную жидкостную хроматографию. Результаты определения химического состава нановолокон выражают в процентах.

5.3.6 Термостабильность

Термостабильность — это способность веществ, содержащихся в фильтрующем материале, противостоять необратимым изменениям, происходящим в их химической или физической структуре в результате разложения или деполимеризации под воздействием высоких температур. Термостабильность фильтрующего наноматериала определяют путем регистрации изменения массы испытуемого образца во время его нагревания до заданной температуры. Термостабильность фильтрующего наноматериала определяют методом ТГ. Потерю массы испытуемого образца допускается измерять как в изотермических условиях, так и в динамическом режиме. Результаты измерений представляют в виде термогравиметрической кривой, отображающей зависимость значений массы испытуемого образца от температуры воздействия, и ее интерпретации.

Следует учитывать, что результаты испытаний зависят от используемой методики измерений, применяемого оборудования и условий измерений. В протоколе испытаний должны быть указаны: тип контролируемой атмосферы/среды (например, состав воздуха, наличие N_2, O_2) и скорость ее потока, способ сушки образца (например, лиофилизация или высушивание на воздухе) и используемая температурная программа [например, скорость(и) нагрева и/или изотермическая(ие) температура(ы)].

5.3.7 Кристаллическая структура

Нановолокна могут иметь аморфную или кристаллическую структуру, от которой в значительной степени зависят физические характеристики фильтра. Следует учитывать, что процесс прядения оказывает влияние на кристаллическую структуру полимерного материала и, следовательно, получаемых нановолокон. Поэтому следует проводить анализ структуры нановолокон, покрывающих подложку. Кристаллическую структуру определяют как совокупность молекул или атомов, которые удерживаются вместе в упорядоченном трехмерном расположении. Для анализа кристаллической структуры нановолокон применяют методы на основе ДРИ. Результаты измерений представляют в виде дифрактограмм и их интерпретации, при этом положение пика определяется углом отражения 2Θ (°), интенсивность — высотой пика или его площадью.

5.3.8 Кристалличность

Кристалличность нановолокон влияет на влагопоглощение фильтрующего материала. Как правило, влагопоглощение происходит волокнами с аморфной, а не с кристаллической структурой [12]. Кристалличность нановолокна — это наличие в нем трехмерного упорядоченного расположения молекул. Как правило, кристалличность нановолокон определяют как отношение массы (объема) кристаллической части испытуемого образца к его общей(ему) массе (объему), результат измерений выражают в процентах. Кристалличность определяют методами на основе ДРИ или методом дифференциально-сканирующей калориметрии.

Методом дифференциально-сканирующей калориметрии измеряют скорость теплового потока, поступающего к испытуемому образцу или исходящего от него, в то время, когда испытуемый образец

подвергают нагреву/охлаждению по контролируемой температурной программе в контролируемой атмосфере.

5.3.9 Средний размер кристаллитов

Данная характеристика фильтрующего наноматериала влияет на его кристаллическую структуру и, следовательно, на механические свойства и влагопоглощение фильтра. Кристаллит — это кристалл небольших или микроскопических размеров. Размеры кристаллитов, как правило, определяют методами на основе ДРИ. Допускается определять средний размер кристаллитов с применением уравнения Шеррера.

6 Протокол испытаний

6.1 В протокол испытаний включают сведения, указанные в 6.2 и 6.3.

6.2 Основная информация, включаемая в протокол испытаний:

- наименование материала испытуемого образца;
- наименование изготовителя;
- номер партии;
- условия хранения до испытаний;
- тип подложки.

6.3 Сведения об основных характеристиках фильтрующего наноматериала, указанных в таблице 1, и результаты их измерений, включая:

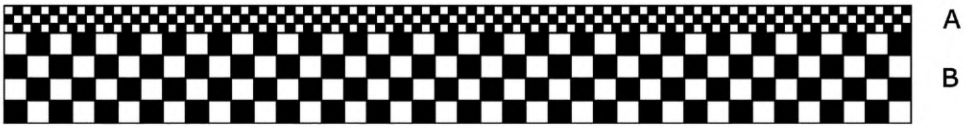
- наименование характеристики;
- примененный метод измерений;
- наименование испытательной лаборатории;
- дата проведения измерений;
- результаты измерений.

В приложении В, таблицах В.1 и В.2 приведены примеры форм протокола испытаний по определению основных характеристик фильтрующего наноматериала, указанных в таблице 1. В таблице С.1 приведен пример формы протокола испытаний по определению дополнительных характеристик фильтрующего наноматериала, указанных в таблице 2, информацию о которых представляют по соглашению между изготовителем/поставщиком и потребителем.

Приложение А
(справочное)

Типичные структуры фильтрующих наноматериалов

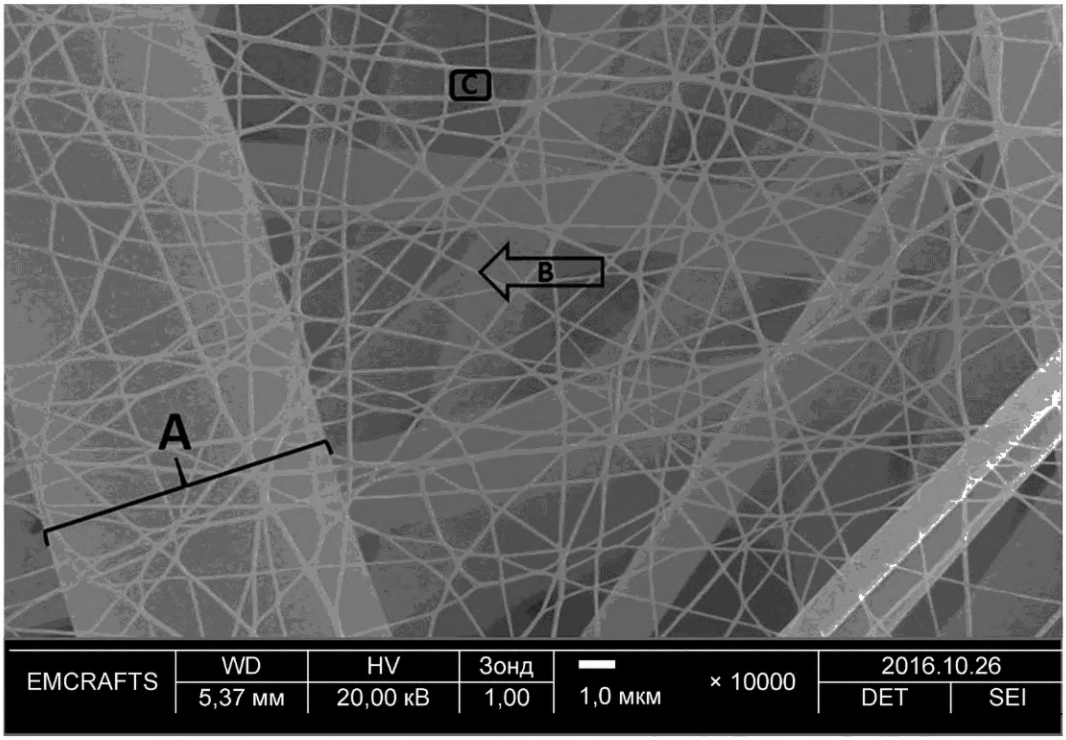
В настоящем приложении на рисунке А.1 приведена схема поперечного сечения фильтрующего наноматериала. На рисунках А.2 и А.3 приведены изображения слоев нановолокон с различными морфологическими характеристиками, полученные методом РЭМ.



A — слой нановолокон; B — подложка

Рисунок А.1 — Схема поперечного сечения фильтрующего наноматериала

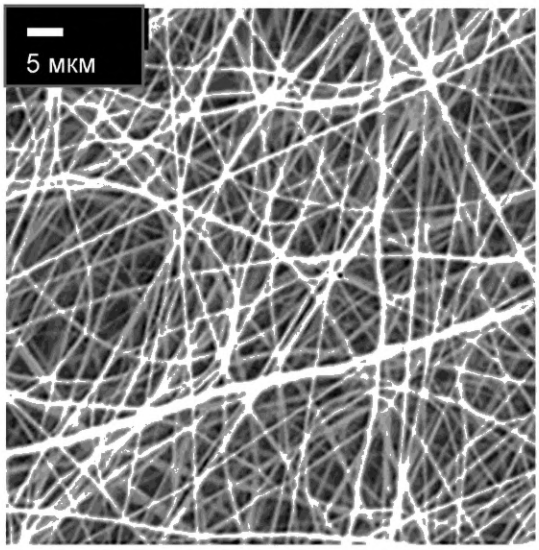
На рисунке А.2 приведено изображение типичной структуры фильтрующего наноматериала, изготовленного путем нанесения полиамидных нановолокон на поверхность полипропиленовой подложки аэродинамическим способом из расплава.



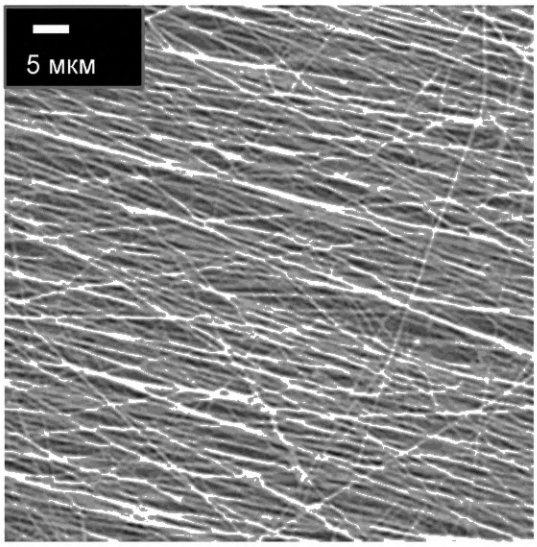
A — микроволокно; B — нановолокно; C — пора

Рисунок А.2 — Изображение типичной структуры фильтрующего наноматериала

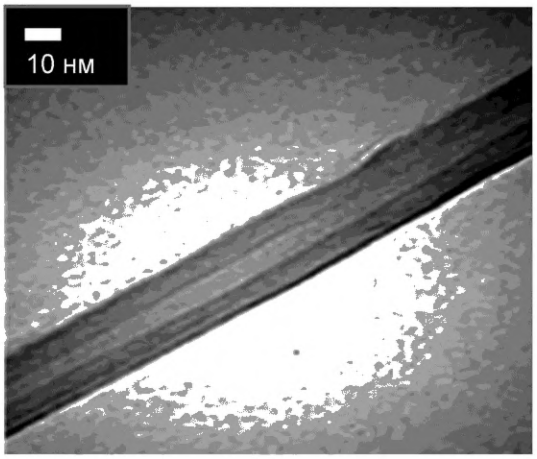
На рисунке А.3 приведены изображения слоев нановолокон с различными морфологическими характеристиками: волокна, расположенные в произвольном порядке; волокна, ориентированные определенным образом; волокно формы «ядро-оболочка»; волокна бисероподобной формы.



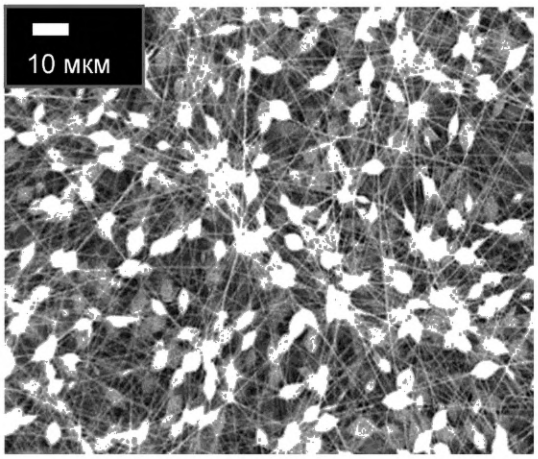
a) Волокна, расположенные в произвольном порядке



b) Волокна, ориентированные определенным образом



c) Волокно формы «ядро-оболочка»



d) Волокна бисероподобной формы

Рисунок А.3 — Изображения слоев нановолокон с различными морфологическими характеристиками

Приложение В
(справочное)

Форма протокола испытаний по определению основных характеристик фильтрующего наноматериала

Пример формы протокола испытаний по определению основных характеристик фильтрующего наноматериала приведен в таблицах В.1 и В.2.

Таблица В.1 — Пример формы для приведения общей информации в протоколе испытаний

Номер партии	Наименование материала испытуемого образца	Условия хранения до испытаний
Наименование изготовителя	Тип подложки	—

Таблица В.2 — Пример формы протокола испытаний по определению основных характеристик фильтрующего наноматериала

Характеристика	Метод измерений	Дата проведения измерений	Наименование испытательной лаборатории	Результат измерений
Диаметр волокна (сумма значений среднего диаметра волокон и стандартного отклонения, нм)				
Морфологические характеристики				

Приложение С
(справочное)

Форма протокола испытаний по определению дополнительных характеристик фильтрующего наноматериала

Изготовитель или поставщик может представлять результаты определения дополнительных характеристик фильтрующего наноматериала в соответствии с соглашением между изготовителем/поставщиком и потребителем. В таблице С.1 приведен пример формы протокола испытаний по определению дополнительных характеристик фильтрующего наноматериала.

Таблица С.1 — Пример формы протокола испытаний по определению дополнительных характеристик фильтрующего наноматериала

Характеристика	Метод измерений	Дата проведения измерений	Наименование испытательной лаборатории	Результат измерений
Удельная площадь поверхности				
Химический состав				
Термостабильность				
Кристаллическая структура				
Кристалличность				
Средний размер кристаллитов				

Библиография

[1] ISO 9277 Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption — BET method (Определение удельной площади поверхности твердых тел по адсорбции газа. БЭТ метод)

[2] ISO 9912-1:2004 Agricultural irrigation equipment — Filters for micro-irrigation — Part 1: Terms, definitions and classification (Оборудование оросительное сельскохозяйственное. Фильтры для микроорошения. Часть 1. Термины, определения и классификация)

[3] ISO 29464:2017 Cleaning of air and other gases — Terminology (Очистка воздуха и других газов. Терминология)

[4] ISO/TS 80004-1:2015 Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core terms (Нанотехнологии. Словарь. Часть 1. Основные термины)

[5] ISO/TS 80004-2:2015 Nanotechnologies — Vocabulary — Part 2: Nano-objects (Нанотехнологии. Словарь. Часть 2. Нанообъекты)

[6] Homaeigohar S., Elbahri M. Nanocomposite electrospun nanofiber membranes for environmental remediation. Materials. 2014, 7(2), pp. 1017–1045

[7] Zhao X., Wang S., Yin X., Yu J., Ding B. Slip-effect functional air filter for efficient purification of PM 2.5. Scientific reports. 2016, 6, p. 35472

[8] Thavasi V., Singh G., Ramakrishna S. Electrospun nanofibers in energy and environmental applications. Energy & Environmental Science. 2008, 1(2), pp. 205—221

[9] Matulevicius J., Kliucininkas L., Martuzevicius D., Krugly E., Tichonovas M., Baltrusaitis J. Design and characterization of electrospun polyamide nanofiber media for air filtration applications. Journal of Nanomaterials. 2014, p.14

[10] Hotaling N.A., Bharti K., Kriel H., Simon Jr. C.G. Diameter J.: A validated open source nanofiber diameter measurement tool. Biomaterials. 2015, 61, pp. 327—338

[11] Hsiao H.Y., Huang C.M., Liu Y.Y., Kuo Y.C., Chen H. Effect of air blowing on the morphology and nanofiber properties of blowing-assisted electrospun polycarbonates. Journal of Applied Polymer Science. 2012, 124(6), pp. 4904—4914

[12] Amin A., Merati A.A., Bahrami S.H., Bagherzadeh R. Effects of porosity gradient of multilayered electrospun nanofibre mats on air filtration efficiency. The Journal of The Textile Institute. 2017, 108(9), pp. 1563—1571

[13] Marton A.W. Effect of Nanofiber Morphology on PVDF Air Filter Performance, 2015

[14] Gómez-Tena M.P., Gilabert J., Toledo J., Zumaquero E., Machí C. Relationship between the specific surface area parameters determined using different analytical techniques. In: Qualicer 2014: XIII World congress on ceramic tiles. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación Castellón, 2014, pp. 17—18

[15] Hutten I.M. Handbook of nonwoven filter media. Elsevier, 2007

УДК 543.275.083:628.511:006.354 ОКС 07.120

Ключевые слова: нанотехнологии, нановолокно, фильтрующий материал, слой нановолокон, фильтр очистки воздуха, определение характеристик, методы измерений

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

Сдано в набор 25.12.2021. Подписано в печать 19.01.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,58.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
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