ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70378.1— 2022

ВОЗДУХ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Оценка характеристик пробоотборников, применяемых для определения содержания частиц аэрозоля

Часть 1

Общие требования

(EN 13205-1:2014, NEQ)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 457 «Качество воздуха»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 октября 2022 г. № 1043-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений европейского стандарта ЕН 13205-1:2014 «Воздух рабочей зоны. Оценка характеристик пробоотборников, применяемых для определения содержания частиц аэрозоля. Часть 1. Общие требования» (EN 13205-1:2014 «Workplace exposure — Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations — Part 1: General requirements», NEQ)

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р ЕН 13205—2010 в части разделов 1—8

6 Некоторые элементы настоящего стандарта могут являться объектами патентных прав

*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

© 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 2
4 Сокращения и обозначения 5
5 Требования 7
6 Методика испытаний 9
7 Типы оценки 13
8 Руководство по эксплуатации пробоотборника 14
9 Маркировка, контроль качества 14
Приложение А (обязательное) Вычисление расширенной неопределенности методики измерений . . . 16
Библиография 22

Введение

Нормативы по отбору проб различных фракций частиц в воздухе рабочей зоны для оценки их воздействия на здоровье людей приведены в ГОСТ Р ИСО 7708. Нормативы установлены для вдыхаемой, торакальной и респирабельной фракций аэрозоля. Данные нормативы представляют собой условные характеристики аэрозольных пробоотборников в виде идеальной эффективности отбора проб как функции аэродинамического диаметра частиц. В большинстве случаев эффективность отбора проб для реальных пробоотборников будет отличаться от идеальной и, следовательно, масса отобранных аэрозольных частиц будет отличаться от массы, которую можно было получить с применением идеального пробоотборника. Кроме того, на работу реальных пробоотборников влияют различные факторы, например, скорость ветра. Часто существует взаимосвязь между влияющими факторами и распределением частиц аэрозоля по размерам в воздухе рабочей зоны, в которой предполагается применять пробоотборник.

Основные характеристики методик определения содержания химических веществ в воздухе рабочей зоны установлены в ГОСТ Р 59670. К ним относят максимальное значение расширенной неопределенности (сочетание случайной и неслучайной составляющих неопределенности измерения), достижимой в заданных лабораторных условиях для применяемых методик измерений. Требования, установленные в ГОСТ Р 59670, применяют для всей методики измерений, представляющей собой совокупность отдельных этапов: отбора проб, транспортирования/хранения проб и подготовки/анализа проб.

Настоящий стандарт устанавливает требования к характеристикам пробоотборников для вдыхаемой, торакальной и респирабельной фракций аэрозольных частиц. В настоящем стандарте также установлены требования к аэрозольным пробоотборниками, к транспортированию пробоотборников с загруженной пробой и приведен метод вычисления расширенной неопределенности методики измерений, включающей этап отбора проб аэрозоля.

В ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложения А—С) приведены различные методики испытаний и оценки, а также подробно рассмотрены испытания трех видов, отличающиеся объемом получаемой по итогам испытания информации и стоимостью. Первая методика испытаний, приведенная в ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение А), позволяет получить характеристику эффективности отбора проб для испытуемого пробоотборника (далее — методика А); применение второй методики, приведенной в ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение В), предусматривает сравнение результатов измерений для трех контрольных аэрозолей, полученных с применением испытуемого пробоотборника и (предварительно) валидированного пробоотборника в лабораторных условиях (далее — методика В), третья методика, приведенная в ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С), дает возможность сопоставить результаты измерений для воздуха конкретной рабочей зоны, полученные с применением испытуемого пробоотборника и (предварительно) валидированного пробоотборника (далее — методика С). Дополнительно приведена методика определения эквивалентности аэрозольных пробоотборников в заданных условиях применения и описана альтернативная методика испытаний для оценки влияния подготовки проб на характеристики.

Совместно применяя настоящий стандарт и ГОСТ Р ЕН 13205 в его действующей части изготовители и пользователи аэрозольных пробоотборников получают возможность разрабатывать единый подход к валидации пробоотборников и общие принципы для оценки соответствия их характеристик требованиям ГОСТ Р ИСО 7708 и ГОСТ Р 59670.

Изготовители аэрозольных пробоотборников обязаны предоставлять пользователям информацию о лабораторных условиях[1)], установленных в других стандартах серии, при которых были получены характеристики пробоотборника. Пользователь должен гарантировать, что предполагаемые реальные условия применения пробоотборников находятся в пределах допустимых диапазонов, установленных изготовителем для проведения испытаний.

[1)] Норматив по вдыхаемой фракции не установлен для частиц размером более 100 мкм или для скоростей ветра более 4 м/с. Испытания, необходимые для оценки характеристик пробоотборников, ограничены этими условиями. Если во время отбора проб есть реальная вероятность обнаружения частиц такого размера или наличия такой высокой скорости ветра, то возможно, что пробоотборники, соответствующие требованиям настоящего стандарта, будут выдавать различные результаты.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОЗДУХ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Оценка характеристик пробоотборников, применяемых для определения содержания частиц аэрозоля

Часть 1

Общие требования

Workplace exposure.
Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations.
Part 1. General requirements

Дата введения — 2023—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к характеристикам аэрозольных пробоотборников, в первую очередь аэрозольных пробоотборников для отбора вдыхаемой, респирабельной и торакальной фракций аэрозольных частиц. Приведенные требования к характеристикам, в том числе к соответствию пробоотборника нормативу по отбору проб (см. ГОСТ Р ИСО 7708), могут быть применены только в отношении отбора проб аэрозольных частиц, но не в отношении последующего качественного и количественного анализа частиц, отобранных в процессе отбора проб. Несмотря на то что для оценки характеристик пробоотборника, как правило, необходим количественный анализ проб, отобранных при испытаниях, составляющая неопределенности измерений, связанная с количественным анализом, будет небольшой и будет вносить незначительный вклад в окончательный результат определения соответствующей характеристики.

Настоящий стандарт устанавливает методику оценки соответствия процедуры измерений массовой концентрации аэрозолей общим требованиям, установленным в ГОСТ Р 59670, путем объединения неопределенностей, связанных с отбором проб, транспортированием/хранением проб и подготовкой/количественным анализом проб.

Настоящий стандарт применяют для аэрозольных пробоотборников любого типа и принципа действия, используемых при определении содержания аэрозольных частиц в воздухе рабочей зоны в рамках санитарно-гигиенического контроля.

Настоящий стандарт не применяют для оценки характеристик точности метода измерений и связанных с ними показателей (например, систематической погрешности, прецизионности и предела обнаружения метода анализа). В настоящем стандарте не установлены требования к внешнему (невстроенному) побудителю расхода для аэрозольного пробоотборника.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 34100.3—2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

ГОСТ Р 8.961 Государственная система обеспечения единства измерений. Дисперсные характеристики аэрозолей и взвесей. Термины и определения

Издание официальное

ГОСТ Р 51109 Промышленная чистота. Термины и определения

ГОСТ Р 59670—2021 (ИСО 20581:2016) Воздух рабочей зоны. Общие требования к методикам определения содержания химических веществ

ГОСТ Р ЕН 13205—2010 Воздух рабочей зоны. Оценка характеристик приборов для определения содержания твердых частиц

ГОСТ Р ИСО 3534-2—2019 Статистические методы. Словарь и условные обозначения. Часть 2. Прикладная статистика

ГОСТ Р ИСО 7708 Определение гранулометрического состава частиц при санитарно-гигиеническом контроле

ГОСТ Р ИСО 13137—2016 Воздух рабочей зоны. Насосы для индивидуального отбора проб химических и биологических веществ. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р ИСО 15767 Воздух рабочей зоны. Контроль и оценка неопределенности взвешивания проб аэрозолей

ГОСТ Р ИСО 30011 Воздух рабочей зоны. Определение содержания металлов и металлоидов в твердых частицах аэрозоля методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 59670, ГОСТ Р ИСО 3534-2, ГОСТ Р 8.961, ГОСТ Р 51109, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Термины, связанные с отбором и транспортированием проб

3.1.1 **аэрозольные частицы** (airborne particles): Взвешенные в воздухе частицы малого размера твердых веществ или жидкостей.

Примечание — Дым, пыль, туман, смог представляют собой аэрозольные частицы, взвешенные в воздухе.

3.1.2 **аэрозоль** (aerosol): Взвесь аэрозольных частиц в газовой (парогазовой) смеси.

Примечания

1 Для аэрозольных частиц может быть характерно/не характерно равновесие конденсированной фазы с насыщенным паром.

2 В области гигиены труда под газом-носителем следует понимать воздух, возможно загрязненный веществами в газообразном и парообразном состоянии.

3.1.3 **аэрозольный пробоотборник** (aerosol sampler): Устройство, предназначенное для переноса аэрозольных частиц на уловитель.

Примечания

1 Термин «аэрозольный пробоотборник» противоречит термину «аэрозоль».

2 Перенос может быть осуществлен как за счет активного, так и за счет пассивного отбора проб.

3 В настоящем стандарте под аэрозольным пробоотборником не следует понимать насос или побудитель расхода, но в некоторых случаях насос или побудитель расхода могут входить в его состав.

3.1.4 **испытуемый пробоотборник** (candidate sampler): Аэрозольный пробоотборник, используемый для отбора аэрозольных частиц с целью последующего определения их содержания в воздухе, и подлежащий испытаниям для определения его характеристик.

Примечание — Испытуемый аэрозольный пробоотборник с характеристиками, соответствующими требованиям, считают валидированным пробоотборником.

3.1.5 **отобранная проба** (collected sample): Результат процесса отбора проб, представляющий собой исключительно отобранные химические вещества и/или биологические объекты.

Примечание — В настоящем стандарте под отобранной пробой следует понимать аэрозольные частицы, собранные на уловитель для последующего анализа.

3.1.6 **уловитель** (collection substrate, sampling substrate, collection medium, sampling medium): Материал, предназначенный для улавливания аэрозольных частиц, химических веществ и/или биоаэрозолей для их последующего анализа.

Примечания

1 В качестве уловителей для аэрозольных частиц применяют фильтрующие, вспененные материалы и картриджи.

2 В качестве уловителей для газов и паров применяют активированный уголь, силикагель и фильтры с нанесенным реактивом.

3 В качестве уловителей для биоаэрозолей применяют агаровые среды.

4 Пластиковый фильтродержатель открытого или закрытого типа для фильтров диаметром 25 или 37 мм, часто используемый для отбора проб всей пыли (с последующим гравиметрическим анализом), не является частью уловителя в соответствии с определением уловителя, приведенным выше, поскольку не подлежит взвешиванию. С другой стороны, для реализации некоторых методов количественного анализа веществ в пробах, отобранных на фильтры диаметром 25 или 37 мм, необходимо учитывать частицы, осевшие на внутренних поверхностях фильтродержателя выше по потоку от фильтра, и в подобных случаях внутренние поверхности фильтродержателя будут являться частью уловителя.

3.1.7 **эффективность улавливания** (collection efficiency): Эффективность улавливания и удерживания отобранных частиц уловителем.

Примечания

1 Эффективность улавливания может зависеть, например, от массы частиц, осевших на уловитель.

2 Не следует путать эффективность улавливания (или эффективность фильтрующего материала или среды) с эффективностью отбора проб аэрозольного пробоотборника в целом.

3.1.8

вдыхаемая фракция (inhalable fraction): Массовая доля всех взвешенных в воздухе частиц, которые вдыхаются через нос и рот.

Примечание — Вдыхаемая фракция зависит от скорости и направления движения воздуха, интенсивности вдыхания и других факторов.

[ГОСТ Р ИСО 7708—2006, статья 2.3]

3.1.9 **пробоотборник вдыхаемой фракции** (inhalable sampler): Аэрозольный пробоотборник, предназначенный для улавливания вдыхаемой фракции аэрозольных частиц.

Примечание — Пробоотборник вдыхаемой фракции должен улавливать вдыхаемую фракцию аэрозольных частиц в соответствии с нормативом по отбору проб (см. ГОСТ Р ИСО 7708) с эффективностью, установленной в настоящем стандарте.

3.1.10 **номинальный расход** (nominal flow rate): Заданный расход воздуха, регламентированный изготовителем пробоотборника или методикой измерений.

3.1.11 **аэродинамический диаметр частицы** (particle aerodynamic diameter): Диаметр сферической частицы плотностью 1 г/см^3, имеющей такую же скорость осаждения за счет гравитации в условиях спокойного воздуха, что и рассматриваемая частица, при преобладающих значениях температуры, давления и относительной влажности.

Примечания

1 Аэродинамический диаметр частиц зависит от размера, плотности и формы частиц.

2 Для частиц аэродинамическим диаметром менее 0,5 мкм используют термодинамический диаметр[1)].

[1)] Термодинамический (диффузионный) диаметр частицы — диаметр сферической частицы с плотностью, равной 1 г/см^3, имеющей тот же коэффициент диффузии в воздухе, что и у рассматриваемой частицы.

3.1.12 **эффективность пробоотборника по входу** (sampler inlet efficiency): Отношение содержания аэрозольных частиц каждого аэродинамического диаметра, попадающих на вход пробоотборника, к соответствующему общему содержанию аэрозольных частиц в воздухе.

Примечание — Эффективность пробоотборника по входу определяется эффективностью аспирации, зависящей от аэродинамических свойств входного отверстия пробоотборника и наличия явлений отскока и потерь частиц внутри и снаружи входного отверстия, взаимосвязанных с размером частиц. Для пробоотборников некоторых типов потери частиц на входе могут зависеть от внешних факторов, таких как скорость ветра и распределение частиц аэрозоля по размерам.

3.1.13 **(внутренний) проскок** (penetration, inlet penetration): Отношение эффективности отбора проб к эффективности пробоотборника по входу для каждого аэродинамического диаметра частиц.

Примечание — Проскок характеризует эффективность преодоления аэрозольными частицами этапа аэродинамического разделения с газом-носителем в пробоотборнике, например, в фильтрах из вспененных материалов, циклонах, импакторах или отстойниках.

3.1.14 **индивидуальный пробоотборник** (personal sampler): Пробоотборник, прикрепляемый к одежде работника для отбора проб газов, паров или аэрозольных частиц в зоне дыхания с целью оценки воздействия химических и/или биологических факторов.

Примечание — В настоящем стандарте под фактором следует понимать аэрозольные частицы.

3.1.15 **пробоотборник респирабельной фракции** (respirable sampler): Аэрозольный пробоотборник, предназначенный для улавливания респирабельной фракции аэрозольных частиц.

Примечание — Пробоотборник респирабельной фракции должен улавливать респирабельную фракцию аэрозольных частиц в соответствии с нормативом по респирабельной фракции (см. ГОСТ Р ИСО 7708) с эффективностью, установленной в настоящем стандарте.

3.1.16 **образец пробоотборника** (sampler specimen, sampler individual): Единичный аэрозольный пробоотборник заданного типа.

3.1.17 **пробоотборный картридж** (sampling cassette): Картридж, устанавливаемый в пробоотборник, сконструированный таким образом, чтобы фильтр или другой подходящий уловитель, контактировал со всеми его внутренними поверхностями (ограничивающими движение потока воздуха с отобранными частицами).

3.1.18 **методика отбора проб** (sampling procedure): Часть методики измерений, регламентирующая весь процесс отбора проб, в том числе этапы подготовки пробоотборника и транспортирования проб.

3.1.19 **процесс отбора проб** (sampling process): Совокупность физических процессов, в результате которых происходит избирательное попадание частиц на вход пробоотборника, разделение частиц по размерам под действием инерционных или других сил, перенос их на уловитель или другие внутренние поверхности или потеря их с уловителя.

Примечание — В настоящем стандарте под потерей частиц с уловителя следует понимать их унос, произошедший во время отбора проб, но не во время транспортирования и/или хранения проб.

3.1.20 **пробоотборник торакальной фракции** (thoracic sampler): Аэрозольный пробоотборник, предназначенный для улавливания торакальной фракции аэрозольных частиц.

Примечание — Пробоотборник торакальной фракции должен улавливать торакальную фракцию частиц аэрозоля в соответствии с нормативом по торакальной фракции (см. ГОСТ Р ИСО 7708) с эффективностью, установленной в настоящем стандарте.

3.1.21 **валидированный пробоотборник** (validated sampler): Пробоотборник, испытанный в заданных условиях и соответствующий установленным требованиям.

Примечания

1 В соответствии с настоящим стандартом валидированные пробоотборники относят к одному из трех типов.

2 Валидированный пробоотборник, успешно выдержавший испытания в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение А), на основе определения эффективности отбора проб и оцененный далее в соответствии с настоящим стандартом, относят к типу «валидированный пробоотборник типа А». При проведении испытаний в лабораторных условиях определяют зависимость эффективности отбора проб испытуемого пробоотборника от размера частиц (и, возможно, от других влияющих факторов).

3 Валидированный пробоотборник, успешно выдержавший испытания в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение В), на основе сравнения значений содержания и оцененный далее в соответствии с настоящим стандартом, относят к типу «валидированный пробоотборник типа В». Испытания пробоотборника проводят посредством сличения результатов измерений для трех контрольных аэрозолей, полученных с применением испытуемого пробоотборника и валидированного опорного пробоотборника.

4 Валидированный пробоотборник, успешно выдержавший испытания в рабочей зоне в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение В), и оцененный далее в соответствии с настоящим стандартом, относят к типу «валидированный пробоотборник типа С». Испытания пробоотборников аэрозольных на рабочих местах и сравнение их характеристик проводят в конкретной рабочей зоне, и сличают результаты измерений, полученные с применением испытуемого пробоотборника и валидированного опорного пробоотборника.

3.2 Термины, связанные с метрологическими характеристиками

3.2.1 **смещение** (bias): Разница между математическим ожиданием результатов испытаний и истинным значением.

Примечания

1 Систематическая погрешность является противоположностью случайной. Она может складываться из одной или более составляющих. Значительные систематические отклонения от истинного значения соответствуют большей систематической погрешности.

2 На практике истинное значение заменяют принятым опорным значением. Принятое опорное значение (см. ГОСТ Р ИСО 3534-2—2019, статья 3.2.7) может быть, например сертифицированной характеристикой стандартного образца, содержанием компонента в градуировочной газовой смеси или принятым опорным значением в межлабораторном сличительном испытании.

3 В ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложения А—С) за истинное значение содержания химического вещества в воздухе принимают содержание, вычисленное в допущении о том, что оно было получено с применением идеального пробоотборника с эффективностью отбора проб неотличимой от норматива отбора проб для соответствующей фракции частиц или с применением валидированного пробооборника.

3.2.2 **другая влияющая величина** (other influence variable): Величины или параметры (за исключением размера частиц, расхода воздуха и изменчивости образца пробоотборника), признанные по результатам критического анализа влияющими на эффективность отбора проб и учитываемые при определении характеристик пробоотборника.

Примечания

1 Такие величины или параметры как размер частиц, расход воздуха и изменчивость образца пробоотборника обязательно учитывают при определении характеристик пробоотборника.

2 При критическом анализе (см. 6.2), предназначенном для отнесения величин или параметров к категории других влияющих величин, также устанавливают, при каком значении каждой влияющей величины будут проведены дополнительные испытания.

3.2.3 **систематическая погрешность пробоотборника** (sampler bias): Систематическая погрешность методики отбора проб.

4 Сокращения и обозначения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

ПДК — предельно допустимая массовая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны[1)], мг/м^3;

$C_{ПДК}$ — актуальное значение предельно допустимой массовой концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м^3;

$C_{0,1}$ — массовая концентрация, соответствующая 10 % значения $C_{ПДК}$, мг/м^3;

$C_{0,5}$ — массовая концентрация, соответствующая 50 % значения $C_{ПДК}$, мг/м^3;

C_2 — массовая концентрация, соответствующая 200 % значения $C_{ПДК}$, мг/м^3;

$m_{ан}$ — масса определяемого при анализе компонента отобранной пробы, мг;

[1)] Здесь и далее по тексту применительно к взвешенным частицам применен термин «предельно допустимая массовая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны», так как термин «концентрация» однозначно определяет только молярную концентрацию.

$m_{ан–0,1}$ — масса определяемого при анализе компонента пробы, отобранной при его массовой концентрации в воздухе $C_{0,1}$ в течение периода отбора проб t при номинальном расходе воздуха в пробоотборнике, мг;

$m_{ан–0,5}$ — масса определяемого при анализе компонента пробы, отобранной при его массовой концентрации в воздухе $C_{0,5}$ в течение периода отбора проб при номинальном расходе воздуха в пробоотборнике, мг;

$m_{ан–2}$ — масса определяемого при анализе компонента пробы, отобранной при его массовой концентрации в воздухе C_2 в течение периода отбора проб t при номинальном расходе воздуха в пробоотборнике, мг;

$m_{отоб}$ — масса отобранной пробы, мг;

$m_{отоб}^{оц}$ — оцененная масса отобранной пробы, мг;

$m_{отоб}^{оц–0,1}$ — оцененная масса пробы, отобранной при массовой концентрации определяемого при анализе компонента $C_{0,1}$ в течение периода отбора проб при номинальном расходе пробоотборника, мг;

$m_{отоб}^{оц–0,5}$ — оцененная масса пробы, отобранной при массовой концентрации определяемого при анализе компонента $C_{0,5}$ в течение периода отбора проб t при номинальном расходе через пробоотборник, мг;

$m_{отоб}^{оц–2}$ — оцененная масса пробы, отобранной при массовой концентрации определяемого при анализе компонента C_2 в течение периода отбора проб t при номинальном расходе через пробоотборник, мг;

Q^0 — номинальный расход воздуха через пробоотборник, дм^3/мин;

$s_{ан}$ — (постоянное) стандартное отклонение, связанное с процедурой анализа (с учетом хранения проб), мг;

t — выбранная продолжительность отбора проб из диапазона, ограниченного минимальной и максимальной продолжительностью отбора проб, в соответствии с методикой измерений, мин;

U — расширенная неопределенность;

$u_{ан}^{сист}$ — систематическая составляющая неопределенности, связанная с процедурой анализа[1)];

$u_{ан}^{случ}$ — случайная составляющая неопределенности, связанная с процедурой анализа;

$u_{сумм}$ — суммарная стандартная неопределенность;

$u_{расх}^{сист}$ — систематическая составляющая неопределенности, связанная с измерением расхода;

$u_{расх}^{случ}$ — случайная составляющая неопределенности, связанная с измерением расхода;

$u_{сумм}^{сист}$ — суммарная стандартная неопределенность, полученная объединением систематических составляющих;

$u_{сумм}^{случ}$ — суммарная стандартная неопределенность, полученная объединением случайных составляющих;

$u_{оп}^{сист}$ — систематическая составляющая неопределенности, связанная с отбором проб;

$u_{оп}^{случ}$ — случайная составляющая неопределенности, связанная с отбором проб;

$u_{поп}^{сист}$ — систематическая составляющая неопределенности, связанная с определением продолжительности отбора проб;

$u_{тпп}^{сист}$ — систематическая составляющая неопределенности, связанная с потерей пробы при транспортировании;

[1)] В ряде публикаций составляющие неопределенности разделяют на «случайные» и «систематические». Такая классификация составляющих неопределенности может привести к неоднозначности толкования при ее практическом применении. Например, «случайная» составляющая неопределенности в одном измерении может стать «систематической» составляющей в другом измерении, в котором результат первого измерения используют в качестве входных данных. При классификации методов оценивания составляющих неопределенности, а не самих составляющих, такая неоднозначность устраняется. В то же время это не мешает объединять отдельные составляющие, оцененные двумя разными методами (неопределенность, оцененную по типам А и В), в группы для конкретных целей (см. ГОСТ 34100.3—2017, пункт 3.4.3).

$u_{тпп}^{случ}$ — случайная составляющая неопределенности, связанная с потерей пробы при транспортировании;

$u_V^{сист}$ — систематическая составляющая неопределенности, связанная с определением объема отобранной пробы;

$u_V^{случ}$ — случайная составляющая неопределенности, связанная с определением объема отобранной пробы;

$\xi_{оц}$ — оцененное отношение общей массы отобранной пробы к массе определяемого при анализе компонента отобранной пробы.

5 Требования

5.1 Сводка требований

Требования к характеристикам аэрозольных пробоотборников приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика	Требование	Методика испытаний
Расширенная неопределенность пробоотборника	См. 5.2	См. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложения А—С)
Расширенная неопределенность методики измерений, включающей отбор проб аэрозоля	См. 5.3	См. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложения А—С)
Различие характеристик образцов пробоотборников одного типа	Коэффициент вариации массы отобранных частиц должен составлять не более 0,075 для группы из шести одинаковым образом экспонированных пробоотборников[а)]	См. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложения А—С)
Идентификация пробы	Обеспечение соответствующей зоны для нанесения маркировки	Визуальный осмотр
Стабильность потока воздуха (для пробоотборников со встроенными побудителями расхода)	См. ГОСТ Р ИСО 13137—2016 (подразделы 5.3, 5.9 и 5.10)[б)]	См. ГОСТ Р ИСО 13137—2016 (подразделы 7.9 и 7.10)
Транспортирование и подготовка проб	При содержании аэрозольных частиц в диапазоне от $C_{0,5}$ до C_2 относительное стандартное отклонение массы пробы должно составлять не более 0,05. При содержании аэрозольных частиц в диапазоне от $C_{0,1}$ до $C_{0,5}$ относительное стандартное отклонение массы пробы должно составлять не более 0,15	См. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение D)
Руководство по эксплуатации	Содержание руководства по эксплуатации в соответствии с разделом 8	Визуальный осмотр
Безопасность конструкции	См. ГОСТ Р ИСО 13137—2016 (подраздел 5.3)	См. ГОСТ Р ИСО 13137—2016 (подраздел 5.3)
Электромагнитная совместимость	См. ГОСТ Р ИСО 13137—2016 (подраздел 5.12)	См. ГОСТ Р ИСО 13137—2016 (подраздел 7.12)

[а)] Требование относится к пробоотборникам респирабельной и торакальной фракций аэрозоля, и не относится к пробоотборникам вдыхаемой фракции.

[б)] При необходимости более строгие требования к стабильности потока воздуха должны быть приведены в руководстве по эксплуатации испытуемого изделия, предоставляемом изготовителем. Требование применяют только для пробоотборников со встроенным побудителем расхода.

5.2 Расширенная неопределенность для аэрозольного пробоотборника

Испытуемый пробоотборник соответствует нормативу по отбору проб (нормативы по отбору проб приведены в ГОСТ Р ИСО 7708), если расширенная неопределенность составляет не более 0,25:

а) для методики А [см. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение А)]: для всех соответствующих распределений частиц по размерам и для всех обязательных испытаний или в результате критического анализа — испытуемый пробоотборник, успешно выдержавший испытания по методике А, называют валидированным пробоотборником типа А.

Испытание по методике А должно быть дополнено испытанием в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С). Контрольный аэрозоль должен содержать приблизительно 50 % масс. частиц респирабельной/торакальной фракции или приблизительно 70 % масс. частиц вдыхаемой фракции, в зависимости от того, какую фракцию отбирают. Контрольный аэрозоль должен подходить для применения на рабочих местах, где предполагают использовать испытуемый пробоотборник. Характеристики референтного пробоотборника, с которым сличают испытуемый пробоотборник, должны быть подробно описаны в сопроводительной документации к нему.

Следует провести оценку результатов испытаний с применением полидисперсного контрольного аэрозоля [см. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С)].

Если при проведении испытаний по методике В или С сравнивают два пробоотборника, успешно выдержавших испытание по методике А, то в качестве валидированного пробоотборника рассматривают/используют тот, сопроводительная документация к которому является более подробной.

Примечание — При проведении испытаний по методике А, как правило, применяют контрольный аэрозоль, дисперсная фаза которого представлена сферическими частицами. Испытания по методике В, как правило, проводят с применением аэрозолей, максимально близких по свойствам, таким как распределение частиц по размерам, материал, форма частиц и т. д., к реальным аэрозолям, встречающимся на рабочих местах. Не следует ожидать, что с помощью пробоотборников разного типа, имеющих практически одинаковую эффективность отбора проб по итогам испытаний по методике А, можно будет отобрать практически одинаковые пробы (с поправкой на объем пробы) при их испытании по методике В (или С);

б) для методики В [см. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение В)]: для всех исследуемых распределений частиц по размерам и для всех обязательных испытаний или в результате критического анализа — испытуемый пробоотборник, успешно выдержавший испытания по методике В, называют валидированным пробоотборником типа В;

в) для методики С [см. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С)]: для распределений частиц по размерам в исследуемой рабочей зоне и для всех обязательных испытаний в соответствии или в результате критического анализа — испытуемый пробоотборник, успешно выдержавший испытания по методике С, называют валидированным пробоотборником типа С для исследуемой рабочей зоны.

Все значения неопределенности (в том числе значение расширенной неопределенности) и все относительные величины в настоящем стандарте приведены в долях, а не в процентах (в процентах все значения будут в 100 раз более). Это необходимо для упрощения вычислений по формулам, в которых значения в процентах было бы необходимо переводить в доли, если значение отлично от единицы.

Требование к расширенной неопределенности следует выполнять при любой скорости ветра в диапазоне значений, характерном для предполагаемого применения пробоотборника. Максимальная скорость ветра, при которой испытуемый пробоотборник соответствует требованию к расширенной неопределенности, определяет верхнюю границу этого диапазона.

Примечание — Если ожидают потерю пробы с фильтра, то предпочтительно проводить испытания по методике В.

5.3 Расширенная неопределенность для методики измерений

Характеристики эффективности методики измерений, реализуемой с применением испытуемого пробоотборника, следует определить и оценить, например, в соответствии с ГОСТ Р 59670. В таблице 2 приведены характеристики расширенной неопределенности для некоторых диапазонов массовой концентрации веществ в воздухе рабочей зоны. В приложении А описана процедура оценки расширенной неопределенности методики измерений.

Таблица 2 — Расширенная неопределенность измерений и диапазон массовой концентрации веществ в воздухе рабочей зоны для различных периодов усреднения

Регламентированный период	Диапазон массовой концентрации C, мг/м^3	Расширенная неопределенность
Длительный	$0{,}1C_{ПДК} \le C < 0{,}5C_{ПДК}$	0,50
Длительный	$0{,}5C_{ПДК} \le C < 2C_{ПДК}$	0,30
Короткий (например, 15 мин)	$0{,}1C_{ПДК} \le C < 2C_{ПДК}$	0,50

Примечание — В настоящем стандарте все значения расширенной неопределенности приведены в долях, а не в процентах.

Если расширенная неопределенность методики измерений, реализуемой с применением испытуемого пробоотборника для вдыхаемой фракции, не соответствует требованиям (например, требованиям ГОСТ Р 59670) для частиц наибольшего размера, ее допускается применять только если медиана распределения частиц аэрозоля по размерам включает настолько малые аэродинамические диаметры, что относительная разность массы частиц, отобранных испытуемым пробоотборником и валидированным пробоотборником, составляет не более 10 %. Условия, при которых могут быть получены подобные распределения частиц по размерам, должны быть указаны в руководстве по эксплуатации пробоотборника. Пользователь должен подтвердить, что при использовании такого пробоотборника не наблюдается систематическая погрешность (в заданных условиях) путем его сопоставления с полностью валидированным пробоотборником.

6 Методика испытаний

6.1 Общие положения

Испытания и оценка характеристик будут включать различные этапы в зависимости от того, проводятся ли они для испытуемого аэрозольного пробоотборника или для методики измерений, реализуемой с применением испытуемого пробоотборника. Планы испытаний и оценки характеристик с указанием этапов для этих двух вариантов приведены на рисунках 1 и 2 в виде блок-схем.

Примечание — Первый вариант планирования испытаний и оценки предназначен, в основном, для разработчиков/изготовителей пробоотборников, а второй вариант — главным образом, для пользователей методик измерений (например, специалистов по гигиене труда).

6.2 Критический анализ для определения перечня испытаний

Критический анализ является первым этапом оценки характеристик пробоотборника и определяет дальнейший ход лабораторных испытаний [см. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение В)] и испытаний в рабочей зоне [см. ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С)]. Цель критического анализа — выявление условий окружающей среды и других факторов, вероятнее всего влияющих на эффективность отбора проб. Такие факторы относят к «другим влияющим величинам». Критический анализ позволяет получить обоснование для включения или исключения из испытаний подобных величин, приводя по возможности ссылки на опубликованные результаты. При анализе рассматривают условия окружающей среды, при которых предполагается использовать пробоотборник, и решают, при каких значениях скорости ветра, характеристиках аэрозоля и значениях других параметров (возможно, не указанных в таблице 3) следует проводить испытания. Результаты критического анализа приводят в протоколе испытаний, отмечая ограничения области применения оценки характеристик, связанные с этими результатами.

В таблице 3 в качестве справочной информации приведен перечень основных факторов, влияющих на характеристики аэрозольных пробоотборников, и примеры пробоотборников, для которых это влияние может быть значительным. При критическом анализе следует учитывать эти факторы, а также потенциальное влияние температуры, давления, влажности, вибрации, механического перемещения, ориентации, транспортирования пробы и восприимчивости к действию электромагнитного поля. Также следует учитывать следующие основные проблемы, которые могут возникнуть при применении пробоотборников:

- может ли при отборе проб произойти разрушение агломератов, т. е. измениться гранулометрический состав исследуемого аэрозоля;
- может ли произойти улавливание частиц, попадающих во входное отверстие не только в результате непосредственного всасывания воздуха, но и в результате собственного направленного движения частиц или их осаждения;
- может ли существовать взаимное влияние между расходом воздуха через пробоотборник и скоростью ветра, если перепад давления в пробоотборнике мал;
- могут ли пробоотборники быть избирательны по отношению к частицам твердых веществ или жидкостей, или частицам, проявляющим различные свойства при отскоке.

6.3 Обзор методов испытаний

В приложении А приведено вычисление расширенной неопределенности для методики измерений, реализуемой с применением отбора проб аэрозоля, путем суммирования составляющих неопределенности, связанных с отбором проб, транспортированием и количественным анализом для оценки соответствия требованиям ГОСТ Р 59670.

В ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение А) установлен лабораторный метод испытаний для определения степени соответствия аэрозольного пробоотборника заданному нормативу по отбору проб и описаны способы обработки результатов испытаний для вычисления характеристик пробоотборника, пригодный для пробоотборников, соответствующих нормативам по отбору проб (см. ГОСТ Р ИСО 7708), принцип действия которых основан на отделении частиц от потока газа-носителя в результате аэродинамических процессов.

Примечание — Некоторые формулы, необходимые для вычислений при определении эффективности отбора проб, приведены в ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение F).

В ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение В) установлены методики сравнения результатов лабораторных испытаний, полученных с использованием испытуемого пробоотборника и валидированного пробоотборника. Эти сравнительные испытания пригодны для пробоотборников, в которых происходит отделение частиц от потока газа-носителя в результате аэродинамических процессов, а также для пробоотборников любого типа, предназначенных для определения содержания аэрозольных частиц в воздухе (или другом газе). При лабораторном сравнительном испытании характеристики испытуемого пробоотборника сравнивают с нормативами по отбору проб (см. ГОСТ Р ИСО 7708).

В ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С) описаны методики сравнения результатов испытаний, полученных в конкретной рабочей зоне с использованием испытуемого пробоотборника и валидированного пробоотборника. Эти сравнительные испытания пригодны для пробоотборников, отделяющих частицы от потока газа-носителя в результате аэродинамических процессов, а также для пробоотборников любого типа, предназначенных для измерения содержания аэрозольных частиц в газовой среде. При сличительном испытании в рабочей зоне характеристики испытуемого пробоотборника косвенным образом проверяют на соответствие нормативу по отбору проб. Результат подобного сравнения зависит как от условий в рабочей зоне, так и от характеристик пробоотборников, участвующих в испытании. Также в ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С) приведена методика определения поправочных коэффициентов для двух аэрозольных пробоотборников по результатам сличительного испытания в конкретной рабочей зоне. Результат подобного сличения зависит как от условий в рабочей зоне, так и от характеристик пробоотборников, участвующих в испытании. Процедуру проводят с целью обеспечения применимости нестандартизованных аэрозольных пробоотборников, если их эквивалентность валидированным пробоотборникам была установлена посредством стандартизованного испытания.

В ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение D) приведена методика испытаний, необходимых для определения составляющих неопределенности, связанных с транспортированием проб, а также методика испытаний по оценке пригодности аэрозольных пробоотборников и составляющих неопределенности, связанных с подготовкой и/или транспортированием проб.

Примечания

1 В ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С) приведена методика экспериментального определения поправочного коэффициента для пересчета значений содержания аэрозольных частиц, полученных с применением двух разных пробоотборников, и методика испытаний и оценки характеристик в конкретной рабочей зоне.

2 В ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение D) приведена методика испытаний для определения потерь при транспортировании при отправлении пробы по почте и лабораторные испытания, имитирующие воздействие вибрации на пробоотборники/пробы.

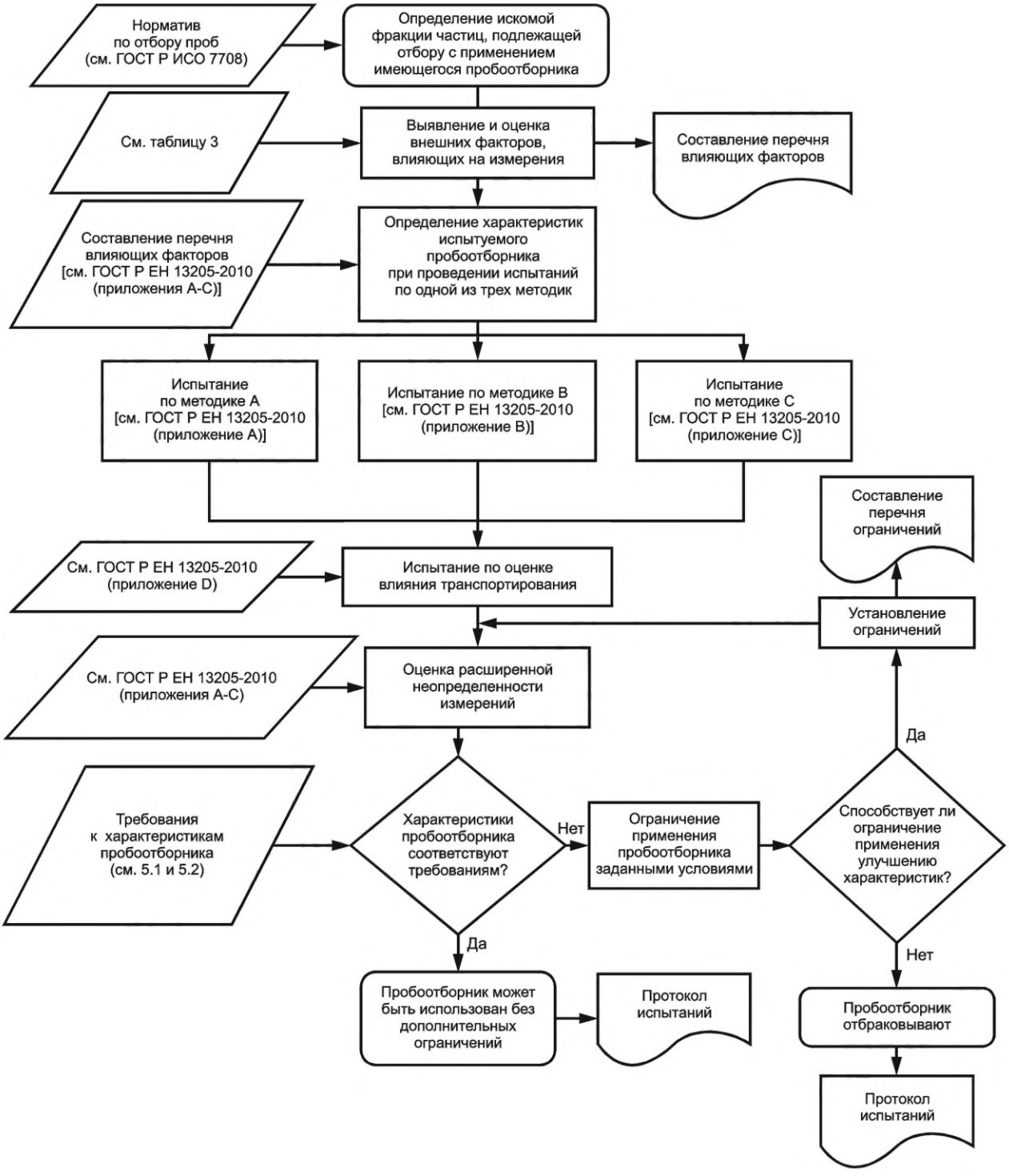

Рисунок 1 — Блок-схема для определения характеристик испытуемого пробоотборника (см. 7.1)

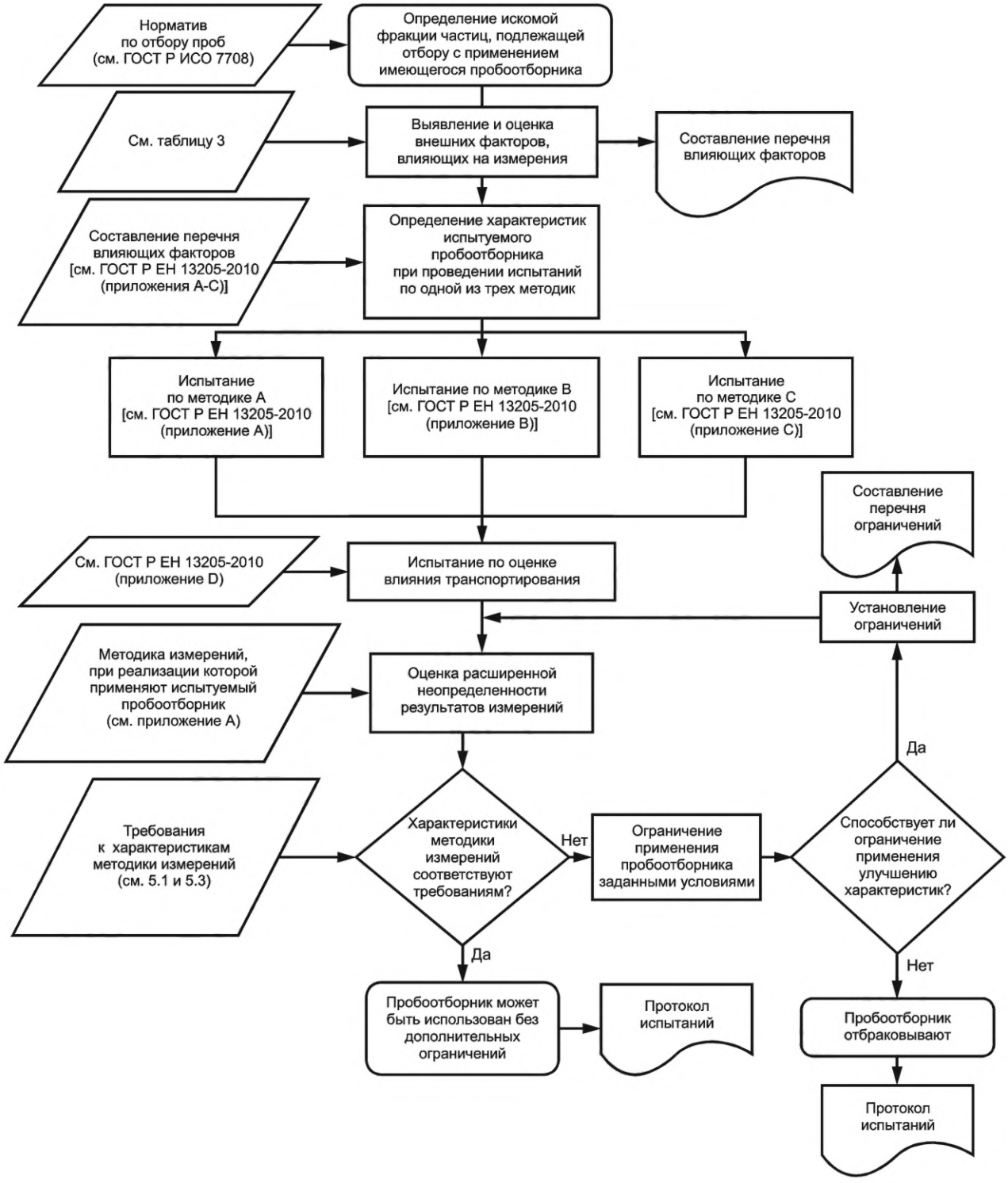

Рисунок 2 — Блок-схема для определения характеристик методики измерений, реализуемой с применением испытуемого пробоотборника (см. 7.2)

Таблица 3 — Основные факторы, влияющие на характеристики аэрозольных пробоотборников

Фактор	Природа влияния	Тип пробоотборника, на который влияет фактор
Размер частиц	Распределение частиц по размерам	Пробоотборники всех типов
Скорость ветра	Скорость потока воздуха на входе влияет на аспирационные свойства входного отверстия, особенно при высоких значениях скорости и большом размере частиц	Пробоотборник, имеющий входное отверстие, не обеспечивающее изокинетический отбор проб
Направление ветра	Направление потока воздуха на входе влияет на всасывание	Пробоотборник, имеющий входное отверстие, не обеспечивающее одинаковое всасывание по всем направлениям
Состав аэрозоля	Отскок и повторный захват частиц; разрушение агломератов	Например, циклоны, импакторы
Масса отобранного аэрозоля	Изменение эффективности улавливания и/или объема проскока при большой загрузке рабочих поверхностей	Например, импакторы, циклоны, фильтры из вспененного материала
Заряд аэрозоля	Притяжение и отталкивание от поверхностей	Все пробоотборники, особенно изготовленные из непроводящих материалов
Различие характеристик образцов пробоотборников одного типа	Небольшие отклонения размеров пробоотборника могут привести к значительным аэродинамическим эффектам	Пробоотборники с внутренним проскоком (например, циклоны и импакторы)
Изменения расхода	Механизм разделения частиц сильно зависит от потока	Пробоотборники с внутренним проскоком (например, циклоны, отстойники, импакторы)
Обработка поверхности	Эффективность улавливания зависит, например, от того, каким смазочным материалом покрыты рабочие поверхности	Например, импакторы

7 Типы оценки

7.1 Оценка пробоотборника

В соответствии с настоящим стандартом выделяют три различных типа оценки пробоотборников. Оценка каждого типа включает следующие этапы:

- тип А: оценка в соответствии с разделом 6 настоящего стандарта → испытания в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение А) → оценка в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение F) → испытание с применением одного контрольного аэрозоля в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение В или С) → оценка в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение D);

- тип В: испытания в соответствии с разделом 6 настоящего стандарта → испытания в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение В) → оценка в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение D);

- тип С: испытания в соответствии с разделом 6 → испытания в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С) → оценка в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение D).

Типы оценки приведены в порядке уменьшения объема информации, получаемой пользователем пробоотборника по окончании испытаний. Испытание типа А дает пользователю больше информации, на основе которой можно оценить соответствующие характеристики пробоотборника в конкретных условиях применения. Все три метода оценки позволяют пользователю оценить расширенную неопределенность применяемой методики измерений (см. 7.2 и приложение А). Для оценки типа А определяют характеристики пробоотборников для наибольшего набора распределений частиц по раз-

мерам. Для оценки типа В испытания проводят для трех контрольных аэрозолей (распределений по размеру), для оценки типа С — только для аэрозолей, встречающихся в исследуемой рабочей зоне. В ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение D) описана методика испытаний для определения потерь при транспортировании при отправлении пробы по почте.

7.2 Оценка методики измерений

При оценке характеристик методики измерений должны быть учтены все ее этапы, а не только этапы отбора проб или анализа. Для оценки характеристик анализа применяют действующие стандарты, например, для оценки неопределенности взвешивания проб аэрозолей см. ГОСТ Р ИСО 15767, для определения взвешенного кристаллического диоксида кремния см. [1], для определения металлов и металлоидов см. ГОСТ Р ИСО 30011, для определения неорганических кислот см. [2].

Пробоотборник может быть испытан и оценен по типу А, В или С, но оценку методики измерений проводят в том же порядке, что и оценку пробоотборника (см. 7.1). В приложении А описано, как могут быть объединены составляющие неопределенности, связанные со всеми этапами методики измерений.

8 Руководство по эксплуатации пробоотборника

Руководство по эксплуатации пробоотборника должно быть однозначным, исчерпывающим и содержать необходимые иллюстрации. Инструкции по эксплуатации должны включать, по крайней мере, следующие положения:

а) в соответствии с каким нормативом по отбору проб (если таковой используется), установленным в ГОСТ Р ИСО 7708, предполагается использовать пробоотборник;

б) ограничения по использованию пробоотборника (см., например, 5.3);

в) распределения частиц аэрозоля по размерам, диапазон значений скорости ветра и другие условия работы, при которых пробоотборник должен соответствовать требованиям к точности, установленным в 5.2;

г) номинальный расход воздуха через пробоотборник;

д) рекомендации по настройке пробоотборника и регулировке его рабочих параметров (например, объемного расхода);

е) требования к внешнему побудителю расхода, если таковой используется: требования к объемному расходу, перепаду давления, допустимым пульсациям. Также должны быть указаны модели рекомендуемых к применению побудителей расхода;

ж) информация о рекомендуемых к применению элементах питания или зарядном устройстве, если таковые применяются;

и) продолжительность работы полностью заряженных элементов питания (если таковые применяются) при обычных условиях работы;

к) допустимый диапазон значений температуры воздуха при хранении и работе пробоотборника;

л) подробное описание характеристик используемых уловителей (например, диаметр фильтра, материал, размер пор);

м) информация о совместимости уловителя(ей) с отбираемой(ыми) пробой(ами);

н) общие рекомендации по применению пробоотборника и методам анализа проб;

п) минимальные требования к обслуживанию;

р) описание процедур ремонта, очистки и градуировки пробоотборника, например, проверки износа уплотнительных колец и прокладок и герметичности пробоотборника;

с) информация об особенностях применения пробоотборника, например, связанных с неправильной ориентацией входного отверстия или механическими ударами;

т) информация о запрете использования пробоотборников в некоторых условиях, например, во взрывоопасной атмосфере.

9 Маркировка, контроль качества

9.1 Маркировка

На аэрозольных пробоотборниках должна быть несмываемая маркировка. Маркировка должна содержать следующую информацию:

- наименование изготовителя;
- идентификационный номер пробоотборника.

Для пробоотборников, прошедших испытания и оценку по типу А или В и соответствующих требованиям настоящего стандарта, маркировка должна содержать ссылку на настоящий стандарт и тип оценки.

9.2 Контроль качества

Изготовители должны следовать установленной программе обеспечения качества.

Приложение А
(обязательное)

Вычисление расширенной неопределенности методики измерений

А.1 Общие положения

Для проверки соответствия характеристик методики отбора проб основным требованиям, приведенным в ГОСТ Р 59670, рассматривают весь процесс измерений, частью которого является отбор проб аэрозоля. Методику измерений условно разбивают на четыре этапа. Таким образом, для определения неопределенности методики измерений следует рассмотреть следующие четыре составляющие неопределенности:

а) неопределенность, связанную с эффективностью отбора проб, в том числе с калибровкой установки для проведения эксперимента (см. А.2.2);

б) неопределенность, связанную с измерением объема отобранного воздуха (см. А.2.3);

в) неопределенность, связанную с потерями пробы при транспортировании (см. А.2.4);

г) неопределенность, связанную с (химическим) анализом, в том числе хранением и подготовкой пробы (см. А.2.5).

Для оценки неопределенности методики измерений необходимо определить (или оценить) и объединить случайные и систематические составляющие неопределенности для всех четырех этапов. Определение составляющих неопределенности анализа не входит в область применения настоящего стандарта, но в настоящем приложении приведен метод, с помощью которого эти составляющие могут быть учтены при вычислении расширенной неопределенности методики измерений.

А.2 Расширенная неопределенность методики измерений

А.2.1 Общие положения

Суммарную стандартную неопределенность $u_{\text{сумм}}$ получают объединением суммарной стандартной неопределенности, связанной с систематическими составляющими, $u_{\text{сумм}}^{\text{сист}}$, и суммарной стандартной неопределенности, связанной со случайными составляющими, $u_{\text{сумм}}^{\text{случ}}$, по формуле

$$\begin{cases} u_{\text{сумм}}^{\text{случ}\,2} = (u_{\text{оп}}^{\text{случ}})^2 + (u_V^{\text{случ}})^2 + (u_{\text{тпп}}^{\text{случ}})^2 + (u_{\text{ан}}^{\text{случ}})^2 \\ u_{\text{сумм}}^{\text{сист}\,2} = (u_{\text{оп}}^{\text{сист}})^2 + (u_V^{\text{сист}})^2 + (u_{\text{тпп}}^{\text{сист}})^2 + (u_{\text{ан}}^{\text{сист}})^2 \\ u_{\text{сумм}}^2 = (u_{\text{сумм}}^{\text{случ}})^2 + (u_{\text{сумм}}^{\text{сист}})^2 \end{cases}, \qquad (A.1)$$

где $u_{\text{оп}}^{\text{случ}}$, $u_V^{\text{случ}}$, $u_{\text{тпп}}^{\text{случ}}$, $u_{\text{ан}}^{\text{случ}}$ — случайные составляющие стандартной неопределенности, связанные с отбором проб, определением объема отобранного воздуха, потерей пробы при транспортировании и процедурой анализа соответственно;

$u_{\text{оп}}^{\text{сист}}$, $u_V^{\text{сист}}$, $u_{\text{тпп}}^{\text{сист}}$, $u_{\text{ан}}^{\text{сист}}$ — систематические составляющие стандартной неопределенности, связанные с отбором проб, определением объема отобранного воздуха, потерей пробы при транспортировании и процедурой анализа соответственно.

Примечание — Только случайные составляющие неопределенности могут быть уменьшены за счет усреднения по нескольким отдельным пробам из одной и той же выборки. В большинстве случаев систематические составляющие неопределенности будут (практически) идентичны для всех отдельных проб из выборки и, таким образом, их невозможно уменьшить путем усреднения.

Если систематическая составляющая суммарной стандартной неопределенности оказывается больше случайной составляющей стандартной неопределенности или имеет такое же значение, то в методике измерений преобладают систематические составляющие неопределенности. В этом случае методы, приведенные в ГОСТ Р 59670, настоящем стандарте, ГОСТ Р ИСО 30011 и, например, [1], [2], не могут дать хороших результатов оценки расширенной неопределенности измерений. Такие методики измерений не следует применять без оценки систематической составляющей неопределенности.

Во многих случаях одна или несколько стандартных неопределенностей, указанных в формуле (А.1), могут зависеть от массовой концентрации частиц в отбираемом воздухе или от массы отобранных частиц. Для проведения вычислений этим величинам следует приписать соответствующие значения в соответствии с настоящим приложением.

Расширенную неопределенность U вычисляют по формуле

$$U = 2u_{\text{сумм}}, \qquad (A.2)$$

где $u_{\text{сумм}}$ — суммарная стандартная неопределенность.

Общий способ вычисления расширенной неопределенности одинаков при проведении оценки по типам А, В и С.

А.2.2 Суммарная стандартная неопределенность, связанная с эффективностью отбора проб

Для пробоотборников, оцененных по типу А, случайные и систематические составляющие стандартной неопределенности, $u_{оп}^{случ}$ и $u_{оп}^{сист}$, получают в соответствии с требованиями ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение А) с учетом различимости значений влияющих величин.

Для пробоотборников, оцененных по типу В, случайные и систематические составляющие стандартной неопределенности, $u_{оп}^{случ}$ и $u_{оп}^{сист}$, оценивают по ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение В) с учетом различимости значений влияющих величин.

Для пробоотборников, оцененных в условиях конкретной рабочей зоны по типу С, случайные и систематические составляющие стандартной неопределенности, $u_{оп}^{случ}$ и $u_{оп}^{сист}$, оценивают по ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение С) с учетом взаимосвязи между расходом и внутренним проскоком.

А.2.3 Суммарная стандартная неопределенность, связанная с объемом отобранного воздуха

А.2.3.1 Стандартная неопределенность измерения расхода при отборе проб

Расход может быть измерен с применением различных средств измерений, например ротаметров, измерителей массового расхода, пузырьковых расходомеров или поршневого расходомера с сухим ходом. Неопределенность измерений расхода обусловлена двумя источниками: калибровкой расходомера (систематическая составляющая), показаниями расходомера (случайная составляющая) и, если применяется, поправкой в показания расходомера на давление и температуру. Неопределенность калибровки расходомера следует вычислять на основе данных, приведенных в его сертификате калибровки. Неопределенность показаний расходомера следует вычислять на основе измерений, проводимых в условиях повторяемости.

В ГОСТ Р 59670—2021 (таблица В.1) приведены приблизительные значения (выраженные в процентах) случайной и систематической составляющих неопределенности измерений расхода, $u_{расх}^{случ}$ и $u_{расх}^{сист}$ соответственно, для различных методов измерений расхода. Необходимо пересчитать приведенные значения из процентов в доли посредством деления на 100 перед использованием их для вычислений в формуле (А.3) настоящего стандарта.

Если общепримени мая оценка неопределенности должна быть проведена для методики, в которой не оговорено использование расходомера конкретного типа, в вычислениях следует использовать составляющие неопределенности для измерителей массового расхода, приведенные в ГОСТ Р 59670—2021 (таблица В.1), поскольку это представляет собой наихудший сценарий (если исключено применение непригодного средства измерений расхода).

А.2.3.2 Стандартная неопределенность измерений продолжительности отбора проб

Продолжительность отбора проб может быть измерена с большой точностью с помощью радиоуправляемого таймера, кварцевых часов или секундомера. Основным источником неопределенности измерений продолжительности отбора проб является точность снятия показаний соответствующего средства измерений, т. е. с точностью до минут или секунд. Эта систематическая составляющая неопределенности незначительна, и ею можно пренебречь при долговременных измерениях (например, продолжительностью более 2 ч), но при кратковременных измерениях ее учитывают. Например, если время регистрируют, округляя показания средства измерений с точностью до минут, то систематическая составляющая неопределенности, связанная с определением продолжительности отбора проб, $u_{поп}^{сист}$, составит 0,027 при продолжительности отбора проб 15 мин (в допущении о треугольном распределении вероятностей).

А.2.3.3 Вычисление суммарной стандартной неопределенности измерения объема отобранной пробы

Случайную и систематическую составляющую стандартной неопределенности измерения объема отобранной пробы, $u_V^{случ}$ и $u_V^{сист}$ соответственно, вычисляют по формуле

$$\begin{cases} u_V^{случ} = u_{расх}^{случ} \\ (u_V^{сист})^2 = (u_{расх}^{сист})^2 + (u_{поп}^{сист})^2 \end{cases}, \quad (А.3)$$

где $u_{расх}^{случ}$ — случайная составляющая неопределенности, связанная с измерением расхода;

$u_{расх}^{сист}$ — систематическая составляющая стандартной неопределенности, связанная с измерением расхода;

$u_{поп}^{сист}$ — систематическая составляющая неопределенности, связанная с определением продолжительности отбора проб.

А.2.4 Суммарная стандартная неопределенность, связанная с потерями пробы при транспортировании

Случайные и систематические составляющие стандартной неопределенности измерений, связанные с потерями пробы при транспортировании, определяют в соответствии с ГОСТ Р ЕН 13205—2010 (приложение D).

А.2.5 Суммарная стандартная неопределенность анализа

Для оценки методики измерений считают, что в соответствии с ней испытуемый пробоотборник используют для отбора соответствующей фракции аэрозольных частиц, как это принято в стране пребывания заказчика испытаний или в стране, где находится испытательная лаборатория. Всю соответствующую информацию необходимо указать в протоколе испытаний.

Для оценки методики измерений принимают, что оценки характеристик метода химического анализа основаны на пробах, проанализированных с применением этого метода анализа. Это могут быть методы, приведенные в ГОСТ Р ИСО 15767 — для оценки неопределенности взвешивания проб аэрозолей, ГОСТ Р ИСО 30011 — для определения металлов и металлоидов, [1] — для определения аэрозоля кристаллического диоксида кремния и [2] — для определения неорганических кислот. Если соответствующий метод анализа не определен, то используют метод гравиметрического анализа, применяемый в стране пребывания заказчика испытаний или в стране, где находится испытательная лаборатория. Всю соответствующую информацию необходимо указать в протоколе испытаний.

Значения стандартной неопределенности химического анализа, $u_{ан}^{случ}$ и $u_{ан}^{сист}$, приведены в соответствующих действующих стандартах (см. ГОСТ Р ИСО 15767, ГОСТ Р ИСО 30011, [1] и [2]).

Примечание — При оценке характеристик метода анализа в некоторых из перечисленных стандартах не учитывается неопределенность, связанная с потерями проб при хранении. При необходимости с некоторыми изменениями допускается провести испытание в соответствии с ГОСТ Р ИСО 30011.

Неопределенность анализа может зависеть от разных факторов, в том числе от массы отобранной пробы, матрицы пробы и гранулометрического состава отобранных аэрозольных частиц, поэтому ее следует определять экспериментально.

Примечание — Значения, взятые из других документов, могут быть выражены в процентах. Перед подстановкой в формулы значения, выраженные в процентах, необходимо перевести в доли (разделить на 100).

А.2.6 Вычисление суммарной стандартной неопределенности

А.2.6.1 Выбор предельного значения профессионального воздействия

Если для оценки методики измерений не установлено предельное значение профессионального воздействия ($C_{ПДК}$), оценку следует основывать на значении профессионального воздействия для длительного периода усреднения, соответствующем диапазону измерений методики измерений, выбранной в соответствии с А.2.5. Всю соответствующую информацию необходимо указать в протоколе испытаний.

А.2.6.2 Составляющие стандартной неопределенности, принятые постоянными

Если все составляющие стандартной неопределенности, подставляемые в формулу (А.1), могут быть представлены в виде постоянных относительных величин (выраженных, например, в процентах), т. е. если все стандартные неопределенности не зависят от каких-либо влияющих факторов, таких как продолжительность отбора проб, содержание или масса отобранных частиц и т. д., то суммарная стандартная неопределенность также будет постоянной величиной (для любого содержания аэрозольных частиц в воздухе и т. д.) и может быть вычислена напрямую по формуле (А.1).

А.2.6.3 Составляющие стандартной неопределенности как функции влияющих величин

А.2.6.3.1 Общие положения

Если некоторые составляющие стандартной неопределенности зависят от влияющих величин, то суммарная стандартная неопределенность также будет функцией нескольких переменных и формулу (А.1) необходимо преобразовать. К таким влияющим величинам относятся содержание аэрозольных частиц в исследуемом воздухе, масса определяемого при анализе компонента пробы, масса осажденного/отобранного аэрозоля и т. д.

Зависимость от фактического содержания аэрозольных частиц в воздухе учитывают при вычислении, ограничивая диапазон массовой концентрации тремя значениями $C_{0,1}$, $C_{0,5}$ и C_2 (мг/м^3), соответствующими 10 %, 50 % и 200 % выбранного значения ПДК, $C_{ПДК}$, мг/м^3, соответственно, по формуле

$$\begin{cases} C_{0,1} = 0,1 \cdot C_{ПДК} \\ C_{0,5} = 0,5 \cdot C_{ПДК} \\ C_2 = 2 \cdot C_{ПДК} \end{cases}, \quad (А.4)$$

Для вычислений выбирают продолжительность отбора проб (одного непрерывного или нескольких дискретных периодов) t, в соответствии с выбранной методикой измерений. Имеют ввиду, что длительный период усреднения должен составлять 8 ч, если методикой измерений однозначно регламентирована такая продолжительность отбора проб.

Примечание — В некоторых случаях может потребоваться вычисление расширенной неопределенности для разной продолжительности отбора проб (от 15 мин до 2, 4 и 6 ч).

Массу определяемого при анализе компонента пробы, отобранной в течение периода отбора проб t при номинальном расходе воздуха в пробоотборнике Q^0, дм^3/мин, при его массовой концентрации в воздухе $C_{0,1}$, $C_{0,5}$ и C_2 соответственно [вычисленной по формуле (А.4)], $m_{ан-0,1}$, $m_{ан-0,5}$ и $m_{ан-2}$, мг, вычисляют по формуле

$$\begin{cases} m_{ан-0,1} = 0,001 \cdot C_{0,1} \cdot Q^0 \cdot t \\ m_{ан-0,5} = 0,001 \cdot C_{0,5} \cdot Q^0 \cdot t \\ m_{ан-2} = 0,001 \cdot C_2 \cdot Q^0 \cdot t \end{cases}. \quad (А.5)$$

А.2.6.3.2 Случайная составляющая неопределенности процедуры анализа

В определенных случаях стандартная неопределенность процедуры анализа, включающей применение некоторых методов анализа и уловителей, зависит от массы определяемого при анализе химического соединения. В этом случае изменчивость процедуры анализа, как правило, является постоянной величиной (как, например, для гравиметрического анализа), и случайную составляющую стандартной неопределенности, связанную с процедурой анализа, $u_{ан}^{случ}$, вычисляют по формуле

$$u_{ан}^{случ} = \frac{s_{ан}}{m_{ан}}, \quad (А.6)$$

где $s_{ан}$ — (постоянное) стандартное отклонение, связанное с процедурой анализа (с учетом хранения проб), мг;

$m_{ан}$ — масса определяемого при анализе химического соединения (или известное значение массы), мг.

Примечание — Стандартное отклонение гравиметрического анализа является постоянной величиной, поскольку масса уловителя значительно больше массы отобранной пробы. Фактически, стандартное отклонение гравиметрического анализа — это удвоенное стандартное отклонение результата измерения массы уловителя (но не массы пробы аэрозольных частиц) с учетом поправки на нестабильность массы чистого уловителя (см. ГОСТ Р ИСО 15767).

А.2.6.3.3 Систематическая составляющая неопределенности процедуры анализа

Систематическая составляющая неопределенности, связанная с эффективностью отбора проб, для некоторых пробоотборников и/или уловителей может зависеть от массы отобранных частиц или частиц, осевших на внутренних поверхностях пробоотборника и не достигших уловителя. В этом случае систематическая составляющая неопределенности, связанная с эффективностью отбора проб, будет функцией массы отобранной пробы, $m_{отоб}$, мг, т. е. $u_{оп}^{сист} = u_{оп}^{сист}(m_{отоб})$. Вид и параметры функции $u_{оп}^{сист} = u_{оп}^{сист}(m_{отоб})$ определяют при проведении отдельных испытаний, если это признано необходимым при критическом анализе (см. 6.2).

Примечание — Как правило, предполагают, что характеристики этапа отбора проб не зависят от содержания аэрозольных частиц в исследуемом воздухе. Часто характеристики пробоотборника также не зависят от числа аэрозольных частиц, выделенных из потока воздуха на стадии аэродинамического разделения в пробоотборнике и массы отобранной пробы. Однако существуют пробоотборники, на характеристики которых влияют эти параметры. Например, циклоны, если проскок в них незначительно зависит от числа частиц, осевших на внутренних поверхностях или импакторы, для уловителей в которых характерно уменьшение задерживающей способности при увеличении массы отобранной пробы. Т. е. для пробоотборников такого типа эффективность отбора проб может зависеть от доли аэрозольных частиц, не попавших в пробу. Определение этой зависимости не рассмотрено в настоящем стандарте, но ее возможно получить, применяя положения настоящего стандарта, относящиеся к определению массы отобранной пробы.

А.2.6.3.4 Масса определяемого компонента как малая доля массы отобранной пробы

Настоящий пункт применяют только совместно с А.2.6.3.2 и А.2.6.3.3.

Если масса определяемого при анализе компонента пробы, например химического элемента, незначительна и составляет малую долю массы отобранной пробы, то при оценке влияющих величин в испытании по определению эффективности пробоотборника применяют не массу этого компонента, $m_{ан}$, а (по возможности) общую массу отобранной пробы, $m_{отоб}$. В этом случае необходимо оценить отношение общей массы отобранной пробы к массе определяемого компонента.

Общую массу отобранной пробы $m_{отоб}^{оц}$, оценивают средним измеренных или известных значений отношения общей массы отобранной пробы к массе определяемого при анализе компонента $\xi_{оц}$ для распределения частиц по размерам, характерного для вещества, выбранного для оценки методики измерений, вычисляемым по формуле

$$\xi_{оц} = \left(\frac{m_{отоб}}{m_{ан}}\right), \quad (А.7)$$

где $m_{ан}$ — масса определяемого при анализе компонента отобранной пробы, мг;

$m_{отоб}$ — измеренная или известная масса отобранной пробы, мг.

Оцененную массу пробы, отобранной при массовой концентрации определяемого при анализе компонента $C_{0,1}$, $C_{0,5}$ и C_2 соответственно в течение периода отбора проб t при номинальном расходе в пробоотборнике, $m_{отоб}^{оц-0,1}$, $m_{отоб}^{оц-0,5}$ и $m_{отоб}^{оц-2}$, мг, вычисляют по формуле

$$\begin{cases} m_{отоб}^{оц-0,1} = \xi_{оц} m_{ан-0,1} \\ m_{отоб}^{оц-0,5} = \xi_{оц} m_{ан-0,5} \\ m_{отоб}^{оц-2} = \xi_{оц} m_{ан-2} \end{cases}, \quad (A.8)$$

где $\xi_{оц}$ — оцененное отношение общей массы отобранной пробы к массе определяемого при анализе компонента;

$m_{ан-0,1}$, $m_{ан-0,5}$ и $m_{ан-2}$ — масса определяемого при анализе компонента в пробах, отобранных при его массовой концентрации в исследуемом воздухе $C_{0,1}$, $C_{0,5}$ и C_2 соответственно, мг.

Примечание — Оценка $\xi_{оц}$ необходима только в том случае, если масса отобранной пробы влияет на какую-либо составляющую стандартной неопределенности, и масса определяемого при анализе компонента отобранной пробы влияет на какую-либо другую составляющую стандартной неопределенности. В остальных случаях $\xi_{оц} = 1$.

А.2.6.3.5 Вычисление суммарной стандартной неопределенности

Для каждого из трех значений массовой концентрации аэрозольных частиц в исследуемом воздухе $C_{0,1}$, $C_{0,5}$ и C_2 соответственно суммарную стандартную неопределенность, $u_{сумм}$, вычисляют на основе суммарных стандартных неопределенностей, $u_{сумм}^{сист}$ и $u_{сумм}^{случ}$, полученных объединением систематических и случайных составляющих, с использованием вычисленного значения массы химического соединения, $m_{ан}$, анализируемого в отобранной пробе, и/или массы отобранной пробы, $m_{отоб}$, по формуле

$$\begin{cases} (u_{сумм}^{случ})^2 = (u_{оп}^{случ})^2 + (u_V^{случ})^2 + (u_{тпп}^{случ})^2 + \left(\dfrac{s_{ан}(m_{ан})}{m_{ан}}\right)^2 \\ (u_{сумм}^{сист})^2 = u_{оп}^{сист}(m_{отоб})^2 + (u_V^{сист})^2 + (u_{ан}^{сист})^2 \\ u_{сумм}^2 = (u_{сумм}^{случ})^2 + (u_{сумм}^{сист})^2 \end{cases}, \quad (A.9)$$

где $u_{оп}^{случ}$, $u_V^{случ}$, $u_{тпп}^{случ}$ — случайные составляющие неопределенности, связанные с отбором проб, определением объема отобранной пробы и с потерей пробы при транспортировании соответственно;

$s_{ан}$ — (постоянное) стандартное отклонение, связанное с процедурой анализа (с учетом хранения проб), мг;

$m_{ан}$ — масса определяемого при анализе компонента отобранной пробы, мг;

$u_{оп}^{сист}$, $u_V^{сист}$, $u_{ан}^{сист}$ — систематические составляющие стандартной неопределенности, связанные с отбором проб, определением объема отобранной пробы и процедурой анализа (с учетом хранения проб) соответственно;

$m_{отоб}$ — масса отобранной пробы, мг.

А.2.7 Вычисление расширенной неопределенности

Расширенную неопределенность вычисляют на основе значений суммарной стандартной неопределенности по формуле (А.2).

В ГОСТ Р 59670 приведены требования к расширенной неопределенности методики измерений в зависимости от продолжительности регламентированного периода отбора проб. Полученные значения расширенной неопределенности следует сопоставить с требованиями ГОСТ Р 59670—2021, таблица 1 (см. также таблицу 2 настоящего стандарта).

А.3 Протокол испытаний для оценки методики измерений

А.3.1 Общие положения

Протокол испытаний должен содержать следующие разделы:

а) подробное описание испытательной лаборатории и финансирующей организации:

1) наименование и адрес испытательной лаборатории, перечисление персонала, выполняющего оценку методики измерений, дата выполнения работ;

2) наименование организации, финансирующей испытания;

б) описание оцениваемой методики измерений:

1) наименование и номер методики измерений;

2) предельное значение профессионального воздействия, для которого оценивают методику измерений;

3) перечень пробоотборников, уловителей, методов транспортирования и анализа, для которых оценивают методику измерений;

4) норматив(ы) по отбору проб, на соответствие которым проводят оценку;

5) область применения оценки и другие ограничения для использования методики измерений, связанные с ограниченностью области применения оценки;

6) справочные данные о составляющих суммарной стандартной неопределенности, входящих в оценку, с указанием их источника.

Если справочные данные, взятые из разных источников, противоречат друг другу, то обосновывают причины исключения каких-либо данных из оценки;

в) сводка данных по составляющим стандартной неопределенности.

Для оценки методики измерений необходимо составить сводку данных по составляющим стандартной неопределенности;

г) представление значений суммарной стандартной неопределенности.

Приводят значения отдельных составляющих суммарной стандартной неопределенности, связанных с четырьмя источниками неопределенности (с отбором проб, с определением объема отобранной пробы, с транспортированием и количественным анализом), а также значения суммарной стандартной неопределенности, полученные объединением этих четырех составляющих неопределенности для каждого из трех значений массовой концентрации ($C_{0,1}$, $C_{0,5}$, C_2). Также перечисляют включенные в оценку неопределенности значения других влияющих величин, например, продолжительности отбора проб, массы отобранной пробы и состава матрицы пробы;

д) характеристики методики измерений.

Указывают расширенную неопределенность для трех значений массовой концентрации ($C_{0,1}$, $C_{0,5}$, C_2) и для других оцененных влияющих величин, например продолжительности отбора проб, массы отобранных частиц и матрицы пробы.

Отдельно указывают те значения содержания аэрозольных частиц в воздухе и влияющих величин, при сочетании которых методика измерений не соответствует требованиям ГОСТ Р 59670.

Если суммарная стандартная неопределенность, полученная объединением систематических составляющих, по значению равна суммарной стандартной неопределенности, полученной объединением случайных составляющих, или превышает ее, то необходимо отметить, что вычисленная расширенная неопределенность не является надежной оценкой фактической расширенной неопределенности. Для обеспечения применимости такой методики измерений необходимо в каждом конкретном случае однозначно определять систематическую погрешность.

Библиография

[1] ИСО 24095 Воздух на рабочем месте. Руководство по измерению содержания взвешенного кристаллического диоксида кремния

[2] ИСО 21438 (все части) Атмосфера на рабочем месте. Определение содержания неорганических кислот ионообменной хроматографией

УДК 504.3:006.354 ОКС 13.040.30

Ключевые слова: воздух, рабочая зона, частицы аэрозоля, пробоотборник, характеристики, требования, методики испытаний, неопределенность

Редактор *Е.В. Якубова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 05.10.2022. Подписано в печать 19.10.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,94.

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