
**Выбросы стационарных источников.
Методы определения массы $PM_{2,5}$ и
 PM_{10} в топочных (дымовых) газах,
используя пробоотборники типа
'Циклон' и разбавление пробы**

iTeh STA *Stationary source emission — Test method for determining $PM_{2,5}$ and
 PM_{10} mass in stack gases using cyclone samplers and sample dilution*
(standards.iteh.ai)

[ISO 25597:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c67eade-e0c6-44b4-88de-b68760df2984/iso-25597-2013)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c67eade-e0c6-44b4-88de-
b68760df2984/iso-25597-2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c67eade-e0c6-44b4-88de-b68760df2984/iso-25597-2013)

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер
ISO 25597:2013(R)

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 25597:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c67eade-e0c6-44b4-88de-b68760df2984/iso-25597-2013>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2013

Все права сохраняются. Если не задано иначе, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия офиса ISO по адресу, указанному ниже, или членом ISO в стране регистрации пребывания.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие	v
Введение	vi
1 Область применения	1
1.1 Общие положения.....	1
1.2 Ограничения	2
2 Нормативные ссылки	3
3 Термины и определения	3
4 Символы и сокращенные термины	7
5 Принцип	8
5.1 Метод с использованием циклонов для взятия проб	8
5.2 Схематическое изображение аппаратуры.....	9
6 Оборудование и материалы	12
6.1 Система циклонного отбора проб	12
6.2 Система отбора проб с разбавлением	13
6.3 Аналитические весы	16
7 Реагенты и материалы	17
8 Предварительный отбор проб, кондиционирование фильтров и способы взвешивания	19
8.1 Общие аспекты.....	19
8.2 Гравиметрические способы взвешивания фильтра	19
9 Способы отбора проб	21
9.1 Основной метод отбора проб и метод взятия проб с разбавлением.....	21
9.2 Подготовка	21
9.3 Измерения и вычисления перед отбором проб	22
9.4 Основная система отбора проб – процедуры отбора проб	23
9.5 Основная система отбора проб – аналитические процедуры	29
9.6 Система отбора проб с разбавлением – процедуры отбора проб.....	30
9.7 Линия отбора проб с разбавлением – извлечение осадений из циклонов в дымовой трубе.	32
9.8 Линия отбора проб с разбавлением - извлечение осадений в потоке до фильтра	32
9.9 Система отбора проб с разбавлением – аналитические процедуры.....	33
9.10 Система отбора проб с разбавлением – проверка достоверности результатов	33
10 Поверка и деятельность QA/QC	34
10.1 Поверки.....	34
10.2 Деятельность QA/QC – система отбора проб с разбавление.....	35
10.3 Квалификации персонала	37
11 Дополнительные аспекты для обсуждения	37
11.1 Длительность отбора проб и предел обнаружения	37
11.2 Отложения твердых частиц до фильтра.....	37
12 Определение точности и систематической ошибки	38
12.1 Общие положения.....	38
12.2 Параллельный отбор проб.....	38
12.3 Среднеквадратическое отклонение	38
12.4 Повторяемость	38
12.5 Независимые тесты	38
12.6 Измерения низких концентраций.....	39
13 Протокол теста	39
13.1 Общие положения.....	39
13.2 Цель теста	39

13.3	Рабочие условия	39
13.4	Местоположения отбора проб.....	39
13.5	Процедуры измерений.....	39
13.6	Результаты теста	40
13.7	Обеспечение качества.....	40
13.8	Комментарии.....	40
Приложение А (информативное) Дизайн циклонов для отбора частиц 10 мкм и 2,5 мкм		41
Приложение В (нормативное) Вычисление величины D_{50} циклонов при захвате 50 % частиц диаметром 10 мкм и 2,5 мкм		43
Приложение С (информативное) Входная насадка.....		48
Приложение D (информативное) Вычисление расхода при отборе проб.....		51
Приложение E (информативное) Вычисления настоящим методом.....		56
Приложение F (информативное) Результаты проверки достоверности метода.....		62
Приложение G (информативное) Альтернативные аналитические методы		65
Библиография		68

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 25597:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c67eade-e0c6-44b4-88de-b68760df2984/iso-25597-2013>

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. Что касается стандартизации в области электротехники, то ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC).

Методика, использованная для разработки настоящего документа и других документов, предназначенных для его дальнейшей поддержки, изложена в Директивах ISO/IEC, Часть 1. В частности, следует учитывать критерии одобрения, необходимые для разных типов документов ISO. Проект настоящего документа был подготовлен в соответствии с редакционными правилами Директив ISO/IEC, Часть 2, www.iso.org/directives

Следует иметь в виду, что некоторые элементы настоящего международного стандарта могут быть объектом патентных прав. Международная организация по стандартизации не может нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав. Подробности любых патентных прав, выявленных при разработке этого документа, будут указаны в разделе Введение и/или в перечне заявлений о патентах, полученных в ISO, www.iso.org/patent.

Любое торговое название, использованное в этом документе, является информационным. Оно дано для удобства пользователей и не является официальной поддержкой со стороны ISO.

Ответственным комитетом за настоящий документ является ISO/TC 146, *Качество воздуха*, Подкомитет SC 1, *Выбросы стационарных источников*.

[ISO 25597:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c67eade-e0c6-44b4-88de-b68760df2984/iso-25597-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c67eade-e0c6-44b4-88de-b68760df2984/iso-25597-2013>

Введение

Настоящий международный стандарт предоставляет договоренности по выборке и анализу проб топочных (дымовых) газов, полученных с помощью циклонных пробоотборников, чтобы отделять твердые частицы (particulate matter – PM) с номинальными аэродинамическими диаметрами 10 мкм (PM₁₀) и 2,5 мкм (PM_{2,5}).

Настоящий международный стандарт дает проектно-конструкторские руководящие указания по следующим вопросам:

- использование пробоотборника типа “Циклон” для измерения фильтрующихся твердых частиц;
- измерение фильтрующихся и конденсируемых твердых частиц, используя метод отбора проб с разбавлением.

Метод отбора проб с разбавлением предусматривает захват и измерение конденсируемых вторичных твердых частиц, сходных по характеристикам с материалами, которые формируются при смешивании выброса дымового газа с окружающим воздухом. Этот метод является подходящим для получения данных видообразований частиц, которые являются полезными в исследованиях пропорционального распределения местных и региональных источников и оценке рисков для здоровья.

Настоящий международный стандарт предусматривает использование двух типов линий отбора проб:

- a) основная линия отбора проб, чтобы измерять фильтрующиеся частицы с помощью циклонных пробоотборников, которые могут различать размеры твердых частиц в диапазоне 2,5 мкм и 10 мкм;
- b) линия отбора проб с разбавлением, которая использует циклоны для отбора проб в дымовой трубке, чтобы измерять проходящие через фильтр частицы в той же самой манере, как в а), но также измеряет конденсируемые частицы с дополнительными циклонами PM_{2,5} и PM₁₀, расположенными после камеры разбавления в этой линии отбора проб.

Метод, использующий отбор проб с разбавлением для формирования, сбора и анализа конденсирующихся частиц, предусматривает захват вторичных твердых частиц, которые являются сходными по характеру с твердыми частицами в окружающей атмосфере. Этот метод годится для сбора данных выбросов источников при изучении пропорционального распределения местных и региональных источников. Данные видообразований частиц могут быть также собраны с использованием отбора разбавленных проб, чтобы предоставить данные для исследований с целью оценки рисков для здоровья.

Выбросы стационарных источников. Методы определения массы $PM_{2,5}$ и PM_{10} в топочных (дымовых) газах, используя циклонные пробоотборники и разбавление пробы

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ – Настоящий документ не предполагает обращения ко всем проблемам обеспечения безопасности, которые связаны с его использованием. Пользователь настоящего документа берет на себя ответственность за учреждение подходящих практических методов обеспечения безопасности и здоровья и устанавливает пригодность законодательных ограничений заранее до их применения.

Сбор проб выбросов может быть связан с необходимостью работы на платформах дымовых труб и других приподнятых поверхностях. Защитную одежду (куртку с длинными рукавами и брюки, шлем-каска и защитные очки) следует носить во все времена работы вблизи горячих поверхностей. Изолирующие перчатки следует носить при обращении с горячими пробами или при доступе в места с горячими поверхностями, чтобы делать отбор проб в дымовой трубе. В случае необходимости следует также носить средства индивидуальной защиты органов слуха.

Для чистки оборудования требуется ацетон. Эту работу следует выполнять в хорошо вентилируемом помещении, чтобы минимизировать возникновение пожара и возможности нанесения вреда рабочим.

1 Область применения

1.1 Общие положения

ISO 25597:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c67eade-e0c6-44b4-88de->

Настоящий международный стандарт задает процедуры для извлечения и измерения фильтрующихся твердых частиц из проб топочного (дымового) газа стационарного источника путем:

- использования пробоотборников типа "циклон";
- измерения конденсированных твердых частиц, используя метод отбора проб с разбавлением, который имитирует взаимодействие компонентов топочного (дымового) газа с атмосферой по мере того, как эти газы смешиваются с воздухом после выхода из дымовой трубы.

Настоящий международный стандарт предоставляет для использования два типа линий отбора проб.

- Основная линия отбора проб. Она позволяет измерять фильтрующиеся частицы, используя циклоны отбора проб, которые могут отличать размеры частиц в диапазоне 2,5 мкм и 10 мкм. Этот метод особенно пригоден для измерений массовых концентраций частиц свыше 50 мг/м^3 , как среднее в течение получаса при стандартных условиях (293 К, 1013 гектоПа, сухой газ). Он применяется к выбросам первичных твердых частиц (PM) с номинальным аэродинамическим диаметром 10 мкм (PM_{10}) или меньше из дымовых труб или протоков.
- Линия отбора проб с разбавлением. В этой линии применяется камера разбавления, в которой топочный (дымовой) газ смешивается с кондиционированным разбавляющим воздухом, чтобы имитировать взаимодействие компонентов топочного (дымного) газа с окружающей атмосферой. Этот процесс имитации может вызывать конденсацию твердых частиц, которые не могут быть получены иначе в основной линии отбора проб. Линия отбора проб с разбавлением использует циклоны отбора проб в дымовой трубе, чтобы измерять фильтрующиеся частицы таким же образом, как в основной линии отбора проб, но, кроме того, использует дополнительные циклоны $PM_{2,5}$ и/или PM_{10} в линии отбора проб, чтобы измерять частицы, образованные в камере разбавления.

Настоящий метод предназначен для измерения массовых концентраций частиц с аэродинамическим диаметром меньше 2,5 мкм, используя приемы взвешивания. Этот метод может быть применен, чтобы измерять массовые концентрации частиц с аэродинамическими диаметрами меньше 10 мкм (PM₁₀) или частиц с аэродинамическими диаметрами между 2,5 мкм и 10 мкм.

В настоящем методе линия отбора проб с разбавлением может быть использована в комбинации с основной линией (последовательностью) отбора проб, используя PM₁₀ и/или PM_{2,5} в зависимости от целей тестирования. Система выборки с разбавлением предназначена для применений в случае, когда требуется измерение частиц, схожих по характеристикам с материалами, формируемыми при смешивании выбросов топочного (дымового) газа с окружающей атмосферой.

Пробы, собранные на фильтры твердых частиц с использованием разбавляющей выборки, могут анализироваться далее, чтобы получить данные химического состава. Эти данные могут пригодиться для определения суммарного количества выбросов PM_{2,5} или PM₁₀, оценок влияния на видимость, оценки рисков здоровья, и для изучения рецептора (восприятия) источника, имеющего отношение к выбросам PM_{2,5} и PM₁₀.

Настоящий метод не применяется для определения очень мелких частиц с аэродинамическим диаметром меньше 0,1 мкм. Этот метод был применен к источникам выбросов с низкой влажностью и насыщенным влагой топочных (дымных) газов. Однако он не применяется к потокам в случае, когда присутствуют вовлеченные водяные капли.

ПРИМЕЧАНИЕ По желанию заказчика и с дополнительным оборудованием, а также при отсутствии описания процедур отбора и анализа проб, химическое видообразование PM и размер частицы могут быть установлены путем применения сбора проб окружающего воздуха и методов анализа к разбавленным топочным (дымовым) пробам, полученным с использованием настоящего метода. Дополнительно, концентрация газообразных продуктов предшествующей реакции, которая может способствовать формированию твердой частицы, например, SO₂, NO_x, аммиака, SO₃, HCl, летучих органических соединений (VOCs), может быть установлена с использованием подходящего аналитического оборудования, способного измерять разбавленные пробы.

1.2 Ограничения

ISO 25597:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c67eade-e0c6-44b4-88de-b68760df2984/iso-25597-2013>

1.2.1 Общие ограничения

Общепризнано, что существуют некоторые процессы сгорания и ситуации, которые могут ограничивать применимость настоящего международного стандарта. Если такие условия существуют, тогда требуется осторожное и компетентное техническое суждение особенно в случае, когда сталкиваешься с любой ситуацией из следующего:

- высокий вакуум, высокое давление и высокая температура газовых потоков свыше 260 °C;
- флуктуации в скорости, температуре или концентрации из-за неуправляемого изменения в технологическом процессе;
- стратификация газа вследствие несмешивающихся газовых потоков.

Имеются также ограничения, специфические для каждого метода отбора проб.

1.2.2 Основной циклонный метод отбора проб

Дымовые трубы с вовлеченными каплями влаги могут иметь размеры капель больше, чем пропускные размеры для циклонов. Эти капли воды нормально содержат частицы и растворенные в воде вещества, которые становятся PM₁₀ и PM_{2,5} после испарения воды.

1.2.3 Метод отбора разбавленной пробы

Что касается отбора проб с разбавлением, то известное ограничение этого метода касается присутствия частиц в разбавляющем воздухе в очень малых концентрациях, способствующих фону

измерения. Это может быть значимым для некоторых очень чистых источников, например, газовых электростанций. Необходимы холостые тесты системы разбавляющего воздуха при отборе проб в источниках с ожидаемой массовой концентрацией $PM_{2,5}$ или PM_{10} меньше или равной около $1,0 \text{ мг/м}^3$.

2 Нормативные ссылки

Следующие документы, целиком или частично, являются нормативно ссылочными в настоящем документе и необходимыми для его применения. Для устаревших ссылок применяется только цитируемое издание, а для недатированных ссылок применяется самое последнее издание ссылочного документа (включая любые изменения).

ISO 7708:1995, *Качество воздуха. Определения фракции по размеру частиц для отбора проб, имеющих отношение к охране здоровья*

ISO 8178-1:2006, *Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Измерение выбросов продуктов сгорания. Часть 1. Измерение выбросов выхлопных газов и частиц на испытательном стенде*

ISO 9096, *Выбросы стационарных источников. Определение ручным методом массовой концентрации твердых частиц*

ISO 10780, *Выбросы стационарных источников. Измерение скорости и объемного расхода газовых потоков в каналах*

ISO 12039, *Выбросы стационарных источников. Определение содержания монооксида углерода, диоксида углерода и водорода. Рабочие характеристики и поверка автоматических систем измерения*

ISO/IEC 17025, *Общие требования для компетенции испытательных и поверочных лабораторий*

3 Термины и определения

В настоящем документе применяются следующие термины и определения

3.1

аэродинамический диаметр **aerodynamic diameter**

диаметр сферы плотностью 1 г/см^3 с некоторой конечной скоростью вследствие силы тяжести в спокойной атмосфере, как определенная частица, в преобладающих условиях температуры, давления и относительной влажности

[ИСТОЧНИК: ISO 23210:2009, (13) 3.1.1]

3.2

проба окружающего воздуха **ambient air sample**

проба, взятая в целях обеспечения качества путем тяги не фильтрованного атмосферного воздуха на месте отбора проб стационарного источника через среду выборки

3.3

время нахождения объема среднemasсового газа **bulk mean gas residence time**

фактический выборочный объемный расход, взятый на действительной среднemasсовой температуре газа выборки, текущего через секцию старения

3.4
среднемассовая температура
действительная среднемассовая температуре
bulk mean temperature
actual bulk mean temperature
средняя величина температуры газа разбавленной пробы, которая измерена на входе и выходе камеры старения

3.5
конденсирующиеся твердые частицы
condensable particulate matter
твердые частицы, формирующиеся на температуре ниже 30 °C вследствие физических и/или химических процессов

3.6
отбор проб постоянного расхода
constant flow rate sampling
взятие пробы из топочного (дымного) газа на фиксированном расходе через насадку для отбора проб

Примечание 1 к статье: Взятие пробы осуществляется на постоянном расходе для того, чтобы достичь подходящих диаметров отсечки для частиц в циклонах отбора проб и условиях отбора проб изокINETическим методом от 80 % до 120 %.

3.7
диаметр отсечки
cut-off diameter
аэродинамический диаметр в случае, когда эффективность отделения составляет 50 %

[ИСТОЧНИК: ISO 23210:2009, 3.1.2, с изменением – исключить “стадия инерционного сепаратора”]

3.8
разбавленный топочный (дымовой) газ
diluted stack gas
комбинированная проба дымового газа и разбавляющего воздуха после смешивания

3.9
разбавляющий воздух
dilution air
окружающий воздух, который фильтруется, чтобы удалить твердые крупные частицы и органические химические соединения перед смешиванием с пробой дымового газа в системе отбора проб с разбавлением

3.10
показатель разбавления
dilution factor
DF
один плюс коэффициент разбавления

ПРИМЕЧАНИЕ 1 К СТАТЬЕ: Произведение показателя разбавления и концентрации пробы PM, собранной на фильтре, равняется концентрации PM в дымовой трубе.

3.11
пропорция разбавления
dilution ratio
DR
отношение расхода разбавляющего воздуха через систему разбавления к расходу неразбавленной пробы дымового газа через эту систему

ПРИМЕЧАНИЕ 1 К СТАТЬЕ: Устанавливается прямым измерением потока или методом меченых атомов (индикаторного газа) (ISO 8178-1).

3.12**система отбора проб с разбавлением
dilution sampling system**

пробоотборник, который разбавляет топочные (дымовые) газы стационарных источников фильтрованным окружающим воздухом, чтобы имитировать процессы смешивания и охлаждения в струе дыма

3.13**пустая проба системы разбавлением
dilution system blank**

проба для обеспечения качества, полученная путем сборки пробоотборника с разбавлением на месте отбора проб стационарного источника и последующей тяги только разбавляющего воздуха через систему разбавления и среду отбора проб

3.14**полевая пустая проба
field blank**

проба, полученная для целей обеспечения качества путем сборки пробоотборника с разбавлением на месте отбора проб стационарного источника, проверки утечки и последующей разборки этого пробоотборника

ПРИМЕЧАНИЕ 1 К СТАТЬЕ: Никакая проба дымового газа не проходит через упомянутое выше оборудование.

3.15 **F – фактор
 F – factor**

отношение объема горючего газа к величине подводимого тепла, установленного из состава топлива, используя вычисления для горения

3.16**сборка держателя фильтра
filter holder assembly**

держатель фильтра или кассета, которая содержит фильтрующую среду для сбора твердых частиц

3.17**температура фильтрации
filtration temperature**

температура газа разбавленной пробы непосредственно в нисходящем потоке от фильтра

[ИСТОЧНИК: ISO 12141:2002, 3.2 с изменением – включить "разбавленная проба"]

3.18**проба дымового газа
flue gas sample**

дымовой газ, извлеченный из канала или топочной трубы стационарного источника перед разбавлением в применении настоящего метода

3.19**изокинетический отбор проб
isokinetic sampling**

отбор проб при таком расходе, что скорость и направление газа, входящего в насадку отбора проб (v_n), являются такими же, как скорость и направление газа в канале на точке отбора пробы (v_s)

[ИСТОЧНИК: ISO 12141:2002, 3.5]

3.20**лабораторный пустой фильтр
laboratory blank**

фильтр, приведенный в определенное состояние и без пробы, оставшейся на фильтре, который

используется для определения любого изменения массы между взвешиваниями до и после отбора проб вследствие загрязнения, происходящего во время отбора проб

3.21

твердые частицы (в воздухе)

PM

твердые частицы, включая PM_{2,5}, PM₁₀ и/или общее содержание взвешенных частиц в воздухе

3.22

твердые частицы с аэродинамическим диаметром 2,5 мкм

PM_{2,5}

частицы, которые проходят через избирательное по размеру входное отверстие с 50 % эффективностью отсечки на аэродинамическом диаметре 2,5 мкм

[ИСТОЧНИК. ISO 23210:2009, 3.1.4]

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к СТАТЬЕ: PM_{2,5} соответствует “торокальной фракции” (условной характеристике пробоотборника, используемого в экологических исследованиях) согласно определению в ISO 7708:1995, 6.

3.23

твердые частицы с аэродинамическим диаметром 10 мкм

PM₁₀

частицы, которые проходят через избирательное по размеру входное отверстие с 50 % эффективностью отсечки на аэродинамическом диаметре 10 мкм

[ИСТОЧНИК. ISO 23210:2009, 3.1.4]

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к СТАТЬЕ: PM₁₀ соответствует “торокальной фракции” (условной характеристике пробоотборника, используемого в экологических исследованиях) согласно определению в ISO 7708:1995, 7.1.

3.24

коэффициент вариации

coefficient of variation

среднеквадратическое отклонение, деленное на среднюю величину

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к СТАТЬЕ: Коэффициент вариации обычно указывается в процентах.

[ИСТОЧНИК. ISO 3524-1:2006, 2.38]

3.25

точка отбора проб

sampling point

специфическое место выходного отверстия источника, в котором извлекается проба

3.26

стандартное давление

standard pressure

абсолютное давление в стандартных условиях

3.27

стандартная температура

standard temperature

абсолютная температура в стандартных условиях

3.28

очень мелкие твердые частицы (в воздухе)

ultrafine particulate matter

твердые частицы в воздухе с аэродинамическим диаметром меньше или равным 0,1 мкм

3.29

летучие органические соединения**volatile organic compound****VOC**

органическое химическое соединение, присутствующее с давлением пара ниже его давления насыщенного пара при давлении и температуре окружающего воздуха

3.30

методика контрольного взвешивания**weighing control procedure**

методика контроля качества, применяемая для обнаружения или корректировки изменений кажущейся массы вследствие климатических изменений или изменение окружающей среды до и после серии взвешиваний при отборе проб

4 Символы и сокращенные термины

dscm	кубический метр сухого газа в стандартных условиях	dry standard cubic metre
dscmm	кубический метр сухого газа в минуту в стандартных условиях	dry standard cubic metre per minute
<i>A</i>	площадь дымовой трубы или канала в месте отбора проб (м ²)	area of stack or duct at the sampling location (m ²)
<i>B_f</i>	средний коэффициент блокирования	average blockage factor
<i>B_{ws}</i>	влажная фракция дымового газа	moisture fraction of flue gas
<i>C</i>	поправочный коэффициент Канигхема для диаметра частицы, вычисленного с использованием действительной температуры дымового газа	Cunningham correction factor for particle diameter calculated using actual stack gas temperature
<i>C_P</i>	коэффициент трубки Пито для трубки, прикрепленной к устройству для отбора проб	Pitot tube coefficient for tube attached to sampling apparatus
<i>C'_P</i>	коэффициент трубки Пито для приемника полного давления, используемого в предварительном пересечении	Pitot tube coefficient for Pitot tube used in the preliminary traverse
<i>D</i>	внутренний диаметр насадки отбора проб, установленной на циклоне РМ ₁₀ (см)	Inner diameter of sampling nozzle mounted at PM ₁₀ cyclone (cm)
<i>D₅₀</i>	диаметр частицы при захвате 50 % частиц (мкм)	particle cut diameter
HEPA	высокоэффективное удержание частиц (вид воздушных фильтров тонкой очистки)	high-efficiency particulate air
<i>K_P</i>	константа уравнения трубки Пито [(м/с)/(г/моль К)]	Pitot tube equation constant [(m/s)/(g/mol K)]
<i>K₁</i>	постоянная величина для перевода из одних единиц в другие	unit conversion constant
<i>M_d</i>	молекулярная масса сухого газа (г/моль)	molecular mass of dry gas (g/mol)
<i>M_s</i>	молекулярная масса дымного газа	molecular mass of stack gas
<i>M_w</i>	молекулярная масса влажного газа (г/моль)	molecular mass of wet gas (g/mol)
<i>N_{TP}</i>	число повторяющихся шагов	number of iterative steps
<i>n</i>	количество парных проб	number of sample pairs
<i>P_s</i>	абсолютное давление дымного газа (Па)	absolute stack gas pressure (Pa)

qVs	частота выборки для циклона PM_{10} , необходимая для достижения заданного D_{50} ($m^3/мин$)	sampling rate for PM_{10} cyclone necessary to achieve specified D_{50}
T_s	абсолютная температура дымного газа (K)	absolute stack gas temperature (K)
t	коэффициент Стьюдента для доверительности 95 % и степени свободы $n - 1$	Student factor for 95 % confidence and the degrees of freedom $n - 1$
t_n	время взятия пробы в точке n (мин)	sampling time at point n (min)
t_r	общее намеченное время серии тестов (мин)	total projected run time (min)
t_{tr}	общее время серии тестов (мин)	total run time (min)
t_1	время взятия пробы в точке 1 (мин)	sampling time at point 1 (min)
V_c	объем воды, захваченный в импинжеры (определение пыли в воздухе) и силикагель (мл)	volume of water, captured in impingers and silica gel (ml)
$V_{m.std}$	объем счетчика сухого газа, взятый для пробы, скорректированный к стандартным условиям (m^3)	dry gas meter volume sampled, corrected to standard conditions (dscm)
v_s	средняя скорость дымного газа в одной и той же плоскости поперечного сечения в качестве измерений проб дымного газа ($m/мин$)	average stack gas velocity in the same cross-sectional plane as the stack gas sample measurement (m/min)
$V_{w.std}$	объем водяного пара (стандартный m^3)	volume of water vapour (scm)
v_n	скорость пробы газа в насадке (m/c)	sample gas velocity in the nozzle (m/s)
v_s	скорость дымного газа (m/c)	velocity of stack gas (m/c)
ΔH	падение давления в диафрагменном расходомере	pressure drop in the orifice meter
Δp	дифференциал скоростного напора трубки Пито	Pitot tube velocity pressure differential
Δp_m	измеренное динамическое давление	measured velocity pressure
Δp_n	точка n дифференциала скоростного напора во время испытательной серии тестов	velocity pressure differential point n during the test run
Δp_{s1}	скоростной напор, для объединенной трубки Пито циклона	velocity pressure adjusted for combined cyclone Pitot tube
Δp_{s2}	скоростной напор с коррекцией на блокаду	velocity pressure corrected for blockage
Δp_1	дифференциал скоростного напора, измеренный в точке 1	velocity pressure differential, measured at point 1
$(\sqrt{\Delta p})^a$	среднее квадратных корней дифференциалов скоростного напора, измеренных в течение предварительного пересечения	average of square roots of the velocity pressure differentials measured during the preliminary traverse
β_1	0, 027 754 для метрических единиц	0, 027 754 for metric units
η	вязкость газа ($мкПа \times c$)	gas viscosity (μPa^a)
a	1 микропаскаль = 0,1 $мкПа \text{ секунда}$	1 $\mu Pa = 0,1 \mu Pa s$

5 Принцип

5.1 Метод с использованием циклонов для взятия проб

5.1.1 Циклоны для взятия проб

Чтобы определить фракции размеров фильтрующихся твердых частиц, $PM_{2.5}$ и PM_{10} , проба извлекается из стационарной дымовой трубы на заранее установленном постоянном расходе через циклоны, установленные в дымовой трубе для PM_{10} и $PM_{2.5}$. Первый циклон отделяет частицы с

номинальными аэродинамическими диаметрами 10 мкм, а следующий циклон – частицы с номинальными аэродинамическими диаметрами 2,5 мкм. Отбор проб осуществляется изокинетически, в точках взятия проб на поперечных сечениях выборки, определенных согласно ISO 9096. После взятия проб концентрации PM_{10} и $PM_{2,5}$ определяются с помощью гравиметрического анализа и измеренного объема выборки. Суммирование двух концентраций может дать меру суммарных подвешенных твердых частиц в дымовом газе. Основная система отбора проб показана на [Рисунке 1](#).

ПРИМЕЧАНИЕ В некоторых источниках выбросов, например, газовых установках, циклон PM_{10} используется по желанию заказчика.

5.1.2 Теория циклонов

Циклоны являются устройствами, предназначенными для того, чтобы давать центробежную силу на газовый поток в конусообразной камере, используя инерцию для удаления частиц из потока газа. Входящий газовый поток принудительно совершает круговое движение по мере прохождения циклона. На нижнем конце циклона газ по спирали поднимается вверх через центральную трубу и выходит наружу сверху. Частицы в области газового потока вынуждены перемещаться к стенке под действием центробежной силы и осаждаются на стенках циклона. Более мелкие частицы летят с газовым потоком и покидают циклон. Эффективность сбора в диапазоне размеров специфических частиц зависит от конструкции циклона, плотности газа и расхода газа через циклон.

5.1.3 Изокинетический метод отбора проб

Когда определяется содержание PM_{10} , то пробу следует выводить из дымной трубы изокинетически. Отбор проб для $PM_{2,5}$, допустимо осуществлять методом, который является близким к изокинетическому методу в пределах изокинетической частоты выборки от 80 % до 120 %. Отбор проб для PM_{10} требуется осуществлять изокинетическим методом в пределах частоты выборки от 90 % до 115 %.

5.1.4 Метод, использующий циклоны для отбора проб и разбавление пробы

Чтобы определить фильтрующиеся и конденсируемые PM_{10} и $PM_{2,5}$, пробу газа быстро смешивают с разбавляющим воздухом ([Рисунок 2](#)). Система разбавления приблизительно имитирует процессы разбавления и охлаждения, которые происходят в ближней зоне дымовой струи по мере того, как она смешивается с атмосферой. Эти процессы дают импульс гомогенному и гетерогенному зарождению компонентов дымового газа. Разбавленная проба может затем анализироваться на содержание твердых частиц или газов в зависимости от требования теста.

5.2 Схематическое изображение аппаратуры

5.2.1 Система отбора проб циклонами

Схема основной системы отбора проб циклонами показана на [Рисунке 1](#). Другое расположение компонентов этой системы отбора проб является приемлемым до тех пор, пока оно удовлетворяет критерии в [6.1](#).