ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72540— 2026 (ИСО 7935:2024)

ВЫБРОСЫ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Определение массовой концентрации диоксида серы в отходящих газах. Эксплуатационные характеристики автоматических измерительных систем

(ISO 7935:2024, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2026

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха» (АО «НИИ Атмосфера») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

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 9 февраля 2026 г. № 106-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 7935:2024 «Выбросы стационарных источников. Определение массовой концентрации диоксида серы в отходящих газах. Эксплуатационные характеристики автоматических измерительных систем» (ISO 7935:2024 «Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of sulfur dioxide in flue gases — Performance characteristics of automated measuring systems», MOD) путем внесения технических дополнений по отношению к применяемому международному стандарту, которые выделены курсивом. Перечень технических отклонений и объяснение причин их внесения приведены в дополнительном приложении ДА.

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДБ

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 7935—2007

*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 информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2024
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2026

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 Обозначения и сокращения 4
5 Основные принципы 5
6 Описание автоматических измерительных систем 5
7 Эксплуатационные характеристики и критерии соответствия их значений требованиям 6
8 Выбор процедуры и установки 7
9 Обеспечение качества измерений и процедуры его контроля 8
10 Протокол испытаний 10
Приложение *A* (обязательное) Примеры результатов оценки измерения SO_2 АИС 11
Приложение *B* (справочное) Метод экстрактивного измерения SO_2 16
Приложение *C* (справочное) Метод прямого неэкстрактивного измерения SO_2 23
Приложение D (обязательное) Процедуры определения эксплуатационных характеристик 26
Приложение *E* (обязательное) Рабочие газы 32
Приложение F (справочное) Расчет неопределенности измерения SO_2 33
Приложение ДА (справочное) Перечень технических отклонений, внесенных в содержание национального стандарта при его модификации по отношению к примененному международному стандарту 39
Приложение ДБ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 40
Библиография 41

Введение

Диоксид серы (SO_2) в значительных количествах образуется при сжигании ископаемого топлива, используемого для выработки энергии, промышленной деятельности по переработке серы или серосодержащих материалов, а также при сжигании серосодержащих отходов. Отходящий газ от этих процессов, содержащий диоксид серы, как правило, отводится воздуховодами или дымоходами и выбрасывается в окружающую атмосферу дымовыми трубами.

Для оценки массовой концентрации диоксида серы, присутствующего в отходящих газах выбросов стационарных источников, доступен ряд высокоэффективных методов комплексного отбора проб и последующего определения методом химического анализа и автоматических измерительных систем.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЫБРОСЫ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Определение массовой концентрации диоксида серы в отходящих газах. Эксплуатационные характеристики автоматических измерительных систем

Stationary source emissions. Determination of the mass concentration of sulfur dioxide in flue gases. Performance characteristics of automated measuring systems

Дата введения — 2026—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные эксплуатационные характеристики автоматизированных измерительных систем для определения массовой концентрации диоксида серы SO_2 в отходящих газах стационарных источников выбросов с помощью автоматических измерительных систем, а также описывает их рабочие характеристики в процессе эксплуатации.

Порядок проведения позволяет осуществлять непрерывный мониторинг с помощью стационарно установленных систем измерения выбросов SO_2.

Настоящий стандарт описывает экстрактивные системы и *in situ* (неэкстрактивные) системы, включающие газоанализаторы, принцип действия которых основан на одном из следующих методов:

- недисперсионной ИК-спектроскопии;
- ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье;
- лазерной спектроскопии или диодно-лазерной абсорбционной спектроскопии;
- недисперсионной УФ-спектроскопии;
- дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии.

Допускается использование эквивалентных инструментальных методов при условии, что они соответствуют минимальным требованиям, изложенным в настоящем стандарте. Автоматическая измерительная система может быть проверена на соответствие требованиям настоящего стандарта с использованием сертифицированных стандартных образцов газовых смесей в соответствии с процедурами, указанными в настоящем стандарте.

Примеры характеристик автоматических измерительных систем (АИС), основанные на вышеуказанных принципах, приведены в приложении *А*.

Настоящий стандарт не распространяется на проведение испытаний автоматических измерительных систем в целях утверждения типа и их поверок.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.958 Государственная система обеспечения единства измерений. Наилучшие доступные технологии. Автоматические измерительные системы для контроля вредных промышленных выбросов. Методы и средства испытаний

ГОСТ Р 8.959 Государственная система обеспечения единства измерений. Наилучшие доступные технологии. Автоматические измерительные системы для контроля вредных промышленных выбросов. Методика поверки

ГОСТ Р 8.960 Государственная система обеспечения единства измерений. Наилучшие доступные технологии. Метрологическое обеспечение автоматических измерительных систем для контроля вредных промышленных выбросов. Основные положения

Издание официальное

ГОСТ Р 70803 Автоматические измерительные системы для контроля выбросов загрязняющих веществ. Общие технические требования

ГОСТ Р 70804.1 Автоматические измерительные системы для контроля выбросов загрязняющих веществ. Система сбора и обработки данных. Часть 1. Требования к системам сбора и обработки данных

ГОСТ Р 70804.2 Автоматические измерительные системы для контроля выбросов загрязняющих веществ. Система сбора и обработки данных. Часть 2. Требования к обработке данных и отчетности

ГОСТ Р 70805 Автоматические измерительные системы для контроля выбросов загрязняющих веществ. Методика расчета массового выброса

ГОСТ Р ЕН 15259 Качество воздуха. Выбросы стационарных источников. Требования к выбору измерительных секций и мест измерений, цели и плану измерений и составлению отчета

ГОСТ Р ИСО 10396 Выбросы стационарных источников. Отбор проб при автоматическом определении содержания газов с помощью постоянно установленных систем мониторинга

ГОСТ Р ИСО 14956 Качество воздуха. Оценка применимости методики выполнения измерений на основе степени ее соответствия требованиям к неопределенности измерения

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 следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 **газоанализатор** (analyser): Аналитический блок в экстрактивной или *in situ* автоматической измерительной системе для измерений без отбора проб.

Примечание — См. [*1*]*, пункт 3.1.*

3.2 **автоматическая измерительная система;** АИС (automated measuring system, AMS): Измерительная система, которая при контакте с исследуемым отходящим газом, возвращает выходной сигнал, пропорциональный физической единице измеряемой величины в автономном режиме.

Примечание — В настоящем стандарте АИС — это система, которая может быть установлена на газоходе или дымовой трубе для непрерывного или периодического измерения массовой концентрации SO_2.

Примечание — См. [*2*]*, пункт 2.1.2.*

3.3 ***in situ* АИС** (*in situ* AMS): Неэкстрактивные системы, измеряющие содержание целевого компонента непосредственно в газоходе или дымовой трубе без необходимости отбора и транспортировки проб.

Примечание — Неэкстрактивные системы проводят измерения либо в поперечном сечении трубы/газохода вдоль оптического пути излучения, либо в точке внутри трубы/газохода.

3.4 ***экстрактивные АИС*** *(extractive AMS): Экстрактивные системы, измеряющие содержание целевого компонента в пробе отходящего газа, отобранной в трубе/газоходе и поданной на вход анализатора с помощью системы пробоотбора и транспортировки проб.*

3.5 **параллельные измерения** (parallel measurements): Измерения, выполненные в одном и том же газоходе в одной и той же измерительной плоскости за тот же период времени с помощью проверяемого АИС и *референтной методики* (*метода*) в точках, расположенных на максимально возможном близком расстоянии друг от друга, с получением пар измеренных значений.

Примечание — См. *3.21.*

3.6 **независимое показание** (independent reading): Показание, полученное через интервал времени, соответствующий не менее чем четырехкратному значению времени отклика.

3.7 **перекрестная чувствительность к помехам** (interference cross-sensitivity): Отрицательное или положительное влияние на отклик измерительной системы, вызванное компонентом пробы, не являющимся измеряемой величиной.

3.8 **помеха (мешающее вещество)** (interferent, interfering substance): Вещество, присутствующее в исследуемом отходящем газе, содержание которого не является измеряемой величиной, но которое влияет на выходной сигнал АИС.

3.9 **несоответствие** (lack-of-fit): Систематическое отклонение в пределах диапазона калибровки между результатами измерений, рассчитанными по калибровочной функции, построенной с применением сертифицированных стандартных образцов, и соответствующими аттестованными значениями этих стандартных образцов.

Примечания

1 Несоответствие может зависеть от результата измерения.

2 Выражение «несоответствие», как правило, заменяется в повседневном языке для линейных отношений на «линейность» или «отклонение от линейности».

3 См. [*2*]*, пункт 2.2.9.*

3.10 **измеряемая величина** (measurand): Конкретная величина, подлежащая измерению.

Примечание — См. [*3*]*, пункт B.2.9.*

3.11 **эксплуатационные характеристики** (performance characteristic): Технические характеристики оборудования, определяющие качество его работы.

Примечание — Эксплуатационные характеристики могут быть описаны значениями, допусками или диапазонами.

3.12 **период автономной работы** (period of unattended operation): Максимальный интервал времени, в течение которого эксплуатационные характеристики остаются в заданном диапазоне без внешнего обслуживания.

Пример — Заправка, регулировка.

Примечания

1 См. [*2*]*, пункт 2.2.11.*

2 Период автономной работы, как правило, называют интервалом технического обслуживания.

3.13 **аттестованный (сертифицированный) стандартный образец** (reference material): *Стандартный образец с сопроводительной документацией, выданной авторитетным органом, в которой указано одно или более значений определенного свойства с соответствующими показателями точности* (*неопределенностями*) *измерений и прослеживаемостью, которые установлены с использованием обоснованных процедур.*

Примечание — Для целей настоящего стандарта используются аттестованные стандартные образцы — газовые смеси в баллонах под давлением, дифракционные решетки или оптические фильтры.

3.14 **референтная методика измерений** (reference method): *Методика* (*метод*) *измерений, принятая для получения результатов измерений, которые могут быть использованы для оценки правильности измеренных значений величины, полученных по другим методикам* (*методам*) *измерений величин того же рода, а также для калибровки или для определения характеристик стандартных образцов.*

Примечание — См. *3.5.*

3.15 **время транспортировки пробы в измерительной системе** (transport time in the measuring system): Период времени для транспортировки пробы отбираемого газа от пробоотборного зонда до входа аналитического блока АИС.

3.16 **время отклика (при скачкообразном воздействии)** (response time): Интервал времени от момента, когда значение величины на входе средства измерений или измерительной системы скачкообразно изменяется до определенного уровня (значения), до момента, когда соответствующее показание средства измерений или измерительной системы достигает установившегося конечного значения и остается в заданных пределах.

Примечания

1 Определяется как сумма времени задержки и времени нарастания в режиме увеличения сигнала или времени задержки и времени спада в режиме уменьшения сигнала.

2 См. [*2*], *пункт 2.2.4.*

3 Время задержки, время нарастания и время спада определены в [*2*].

3.17 **газ для контрольной точки** (span gas): Газ или газовая смесь, используемые для настройки и проверки отклика измерительной системы.

Примечание — Контрольную точку выбирают в диапазоне от 70 % до 90 % от полной шкалы.

3.18 **контрольная точка диапазона** (span point): Значение выходной величины (измеренного сигнала) автоматической измерительной системы, представляющее собой правильное измеренное значение, полученное с помощью сертифицированного стандартного образца, служащее для проверки настройки, калибровки и т. д.

3.19 **стандартная неопределенность (измерений)** (standard uncertainty): Неопределенность результата измерения, выраженная в виде стандартного отклонения.

Примечание — См. [*3*], *пункт 2.3.1.*

3.20 **неопределенность** (uncertainty): Параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Примечание — См. [*3*], *пункт 2.2.3.*

3.21 **валидация автоматической измерительной системы** (validation of an automated measuring system): Процедура проверки статистической взаимосвязи между значениями измеряемой величины, полученными с помощью автоматической измерительной системы, и соответствующими значениями, полученными с помощью независимой референтной методики (метода) измерения, реализованной одновременно в той же точке измерения или отбора проб.

3.22 **нулевой газ** (zero gas): Газ или смесь газов, используемый(ая) для настройки нулевой точки на графике калибровочной характеристики в пределах заданного диапазона концентрации.

Примечание — См. [*1*], *пункт 3.20.*

3.23 **нулевая точка** (zero point): Заданное значение выходной величины (измеренного сигнала) АИС, которое в отсутствие измеряемой величины представляет собой пересечение нуля на графике калибровочной характеристики.

3.24

представительная измерительная точка (*representative measurement point*)*: Измерительная точка, в которой плотность местного массового потока определяемого вещества равна плотности массового потока, усредненной для измерительной плоскости.*

[*ГОСТ Р ЕН 15259—2015, пункт 3.17*]

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

e_i — параметр, характеризующий несоответствие для *i*-й точки диапазона;

K — коэффициент охвата;

N — количество измерений;

s_r — стандартное отклонение воспроизводимости;

$u(\gamma_X)$ — суммарная неопределенность массовой концентрации X (SO_2);

$U(\gamma_X)$ — расширенная неопределенность массовой концентрации X (SO_2);

M_X — молярная масса компонента X (SO_2);

V_M — молярный объем (22,4 дм^3/моль при стандартных условиях, 273,15 К; 101,325 кПа);

φ_X — объемная доля компонента X (SO_2, %);

γ_X — массовая концентрация SO_2 при стандартных условиях (273,15 К; 101,325 кПа), мг/м^3;

γ_R — массовая концентрация SO_2 при стандартных условиях (273,15 К; 101,325 кПа; с поправкой на содержание H_2O), мг/м^3;

$\bar{x}$ — среднее значение измеренных значений x_i;

x_i — измеренное значение i;

$\bar{x}_i$ — среднее значение измеренного значения на уровне i;

$\dot{x}_i$ — значение, оцениваемое линией регрессии на уровне i;

ДЛС — диодно-лазерная абсорбционная спектроскопия;

ДОАС — дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия;

ИКПФ — ИК-спектроскопия с преобразованием Фурье;

КК — контроль качества;

НДИК — недисперсионная ИК-спектроскопия;

НДИР — недиспергирующие инфракрасные методы анализа;

НДУФ — недисперсионная УФ-спектроскопия;

ОК — оценка качества;

УФ — метод ультрафиолетовой флуоресценции.

5 Основные принципы

Примечание — Общие сведения о составе и функциональной структуре систем автоматического контроля выбросов и основных технических требований к ним приведены в ГОСТ Р 70803, ГОСТ Р 70804.1, ГОСТ Р 70804.2, ГОСТ Р 70805.

Настоящий стандарт устанавливает требования к АИС отбора и подготовки проб и определения содержания SO_2 в отходящих газах с использованием инструментальных методов (газоанализаторов).

Существует два вида АИС, отличающиеся наличием или отсутствием систем пробоотбора и транспортировки проб, а также местом размещения газоанализатора:

- экстрактивные;
- неэкстрактивные (*in situ*).

В экстрактивных системах представительная проба газа отбирается из трубы/газохода с помощью пробоотборного зонда и, через линию транспортировки проб и устройство пробоподготовки (*при необходимости*), передается в газоанализатор, который находится вне стационарного источника (трубы/газохода).

Оборудование систем *in situ*, включая газоаналитический блок, размещается на стационарном источнике (трубе/газоходе) и не содержит линий транспортировки проб. *При установке систем обоих видов необходимо выбрать определенное место на газоходе, обеспечивающее представительность состава отходящего газа по ГОСТ Р ЕН 15259.*

Системы, описанные в настоящем стандарте, измеряют концентрацию SO_2 с помощью инструментальных методов, значения эксплуатационных характеристик которых должны соответствовать минимальным значениям.

6 Описание автоматических измерительных систем

6.1 Системы отбора и подготовки проб газа

Системы отбора и подготовки проб газа для экстрактивных систем и схемы размещения измерительного оборудования для двух типов неэкстрактивных систем (*с измерением в точке и вдоль оптической линии прохождения излучения*) должны соответствовать ГОСТ Р ИСО 10396.

В экстрактивных системах пробы отходящего газа подвергают обработке для удаления аэрозолей, твердых частиц и других мешающих веществ перед подачей в приборы. В зависимости от характеристик проб, поступающих на вход газоанализатора, различают три типа экстрактивных систем, отличающихся устройствами пробоподготовки по ГОСТ Р ИСО 10396:

a) холодный/сухой;

b) горячий/влажный;

c) с разбавлением пробы.

Неэкстрактивные системы проводят измерения непосредственно в газоходе/трубе и наличие линий транспортировки проб и устройств пробоподготовки не требуется. Неэкстрактивные системы с измерениями в точке оборудованы зондом для локализации места измерений и обеспечения

диффузионного контакта измерительной ячейки газоанализатора с потоком отходящего газа по ГОСТ Р ИСО 10396. При значительном содержании взвешенных веществ зонд может быть дополнительно оборудован фильтром для очистки потока газа, поступающего в измерительную ячейку газоанализатора.

Подробные сведения об экстрактивных системах приведены в приложении *В*; информация о двух типах систем *in situ* (*с измерениями в точке газохода и вдоль оптического пути излучения*) представлена в приложении *С*.

6.2 Газоанализаторы

Примеры доступных газоанализаторов описаны в приложениях *В* и *С*.

АИС должна соответствовать минимальным значениям эксплуатационных характеристик, указанным в разделе 7.

7 Эксплуатационные характеристики и критерии соответствия их значений требованиям

7.1 Критерии соответствия требованиям

В таблице 1 приведены основные эксплуатационные характеристики и критерии их соответствия требованиям настоящего стандарта для газоанализатора и измерительной системы, подлежащие оценке в ходе проверки функционирования посредством процедур контроля качества (ОК/КК) в лаборатории и в процессе эксплуатации на объекте. Эксплуатационные характеристики на соответствие критериям оценивают посредством постоянного КК измерений с помощью АИС. Процедуры оценки приведены в приложении *А*.

Таблица 1 — Основные эксплуатационные характеристики АИС для измерений SO_2 и критерии их соответствия требованиям настоящего стандарта

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	Процедура оценки
Время отклика	≤ 200 с	По D.2
Стандартное отклонение воспроизводимости в лаборатории в нулевой точке	≤ 2,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.3.2
Стандартное отклонение воспроизводимости в лаборатории в точке диапазона	≤ 2,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.3.3
Несоответствие	≤ 2,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.4
Дрейф нулевой точки в течение 24 ч	≤ 2,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.5
Дрейф точки диапазона в течение 24 ч	≤ 2,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.5
Дрейф нулевой точки в течение периода автономной работы	≤ 3,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.6
Дрейф точки диапазона в течение периода автономной работы	≤ 3,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.6
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	≤ 5,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.7
Чувствительность к давлению измеряемого газа, при изменении давления на 3 кПа	≤ 3,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.8
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.9

Окончание таблицы 1

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	Процедура оценки
Чувствительность к электрическому напряжению при значении менее 15 % или более 10 % номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.10
Перекрестная чувствительность	≤ 4,0 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	По D.11
Потери и утечки в пробоотборной линии и системе кондиционирования	≤ 2 % от измеренного значения	По D.12 и D.13
Отклонение измерительного потока поперечного сечения установки АИС	≤ 2% от измеренного значения самого низкого используемого диапазона измерения	По D.14

7.2 Определение эксплуатационных характеристик

7.2.1 Оценка значений эксплуатационных характеристик

Эксплуатационные характеристики АИС определяют во время функционирования АИС. Значения эксплуатационных характеристик должны соответствовать критериям, указанным в таблице 1. Процедуры определения характеристик приведены в приложении D.

При определении эксплуатационных характеристик документируют условия окружающей среды.

Неопределенность измерений измеренных значений АИС рассчитывают в соответствии с *ГОСТ Р ИСО 14956* на основе эксплуатационных характеристик, определенных при оценке производительности, и она должна соответствовать значению неопределенности, в рамках предполагаемого использования. Характеристики могут быть определены либо производителем, либо пользователем.

7.2.2 Постоянный контроль качества

Пользователь должен проверять конкретные эксплуатационные характеристики во время непрерывной работы измерительной системы с периодичностью, указанной в таблице 2.

Неопределенность измерений при применении в полевых условиях должна определяться пользователем измерительной системы в соответствии с применимыми международными или национальными стандартами. Для мониторинга процесса (нерегулируемое применение) значение неопределенности должно соответствовать предполагаемому использованию. Его определяют прямым или косвенным подходом к оценке неопределенности (см. [*4*]). Неопределенность измеренных значений при эксплуатации в полевых условиях зависит не только от эксплуатационных характеристик газоанализатора, но и от факторов неопределенности, связанных:

- с линией отбора и подготовки проб;
- специфическими условиями места отбора;
- сертифицированными стандартными образцами — газовыми смесями в баллонах под давлением, используемыми для калибровки.

8 Выбор процедуры и установки

8.1 Выбор измерительной системы

Для выбора подходящего газоанализатора, пробоотборной линии и блока подготовки проб необходимо до начала измерения учитывать следующие характеристики отходящих газов:

- диапазон температуры воздуха окружающей среды;
- диапазон температуры отходящих газов;
- содержание водяного пара в отходящих газах;
- запыленность отходящих газов;
- ожидаемый диапазон концентраций SO_2;
- ожидаемую концентрацию потенциально мешающих веществ.

Чтобы избежать длительного времени отклика и эффектов памяти, линия отбора проб должна быть максимально короткой. При необходимости следует использовать байпасный насос. Если в анализируемом газе содержится большое количество пыли, следует использовать соответствующий подогреваемый фильтр.

Перед мониторингом выбросов пользователь должен убедиться, что были выполнены необходимые процедуры ОК/КК.

8.2 Отбор проб

8.2.1 Место отбора проб

Место отбора проб должно быть доступным пространством для размещения оборудования для отбора проб и газоанализатора. Кроме того, место отбора проб следует выбирать с учетом безопасности персонала, доступности и наличия электроэнергии.

8.2.2 Представительный отбор проб

Необходимо убедиться, что место, в котором осуществляются измерения концентрации SO_2 в отходящем газе (при использовании систем *in situ*), или отбор проб (при использовании экстрактивных систем) относятся к представительным измерительным точкам.

Примечание — Выбор точек для представительного отбора с учетом неоднородности состава отходящего газа, колебаний его расхода, температуры и других параметров приведен в *ГОСТ Р ИСО 10396* и *ГОСТ Р ЕН 15259*.

8.3 Расчет преобразования объемной доли в массовую концентрацию SO_2

Результаты измерения выражают в единицах массовой концентрации при нормальных условиях.

Если концентрация SO_2 определена в единицах объемной доли (10^{-6}) φ_{SO_2}, то для перерасчета в массовые концентрации γ_{SO_2}, мг/м^3 (273,15 K; 101,325 кПа), следует использовать формулу

$$\gamma_{SO_2} = \varphi_{SO_2} \cdot \frac{M_c}{V_M}, \quad (1)$$

где φ_{SO_2} — объемная доля SO_2 (по объему, 10^{-6});

M_c — молярная масса SO_2 (64,06 г/моль);

V_M — молярный объем (22,4 дм^3/моль при 273,15 K; 101,325 кПа).

При необходимости значение концентрации SO_2, измеренное во влажном газе, можно скорректировать до концентрации SO_2 при нормальных условиях γ_R, мг/м^3 (273,15 K; 101,325 кПа; O_2 и H_2O с поправками), по формуле

$$\gamma_R = \gamma_{SO_2} \cdot \frac{100}{100 - h}, \quad (2)$$

где h — значение относительной влажности, % об.

9 Обеспечение качества измерений и процедуры его контроля

9.1 Общие положения

ОК/КК предназначены для того, чтобы гарантировать, что неопределенность измеренных значений SO_2 сохраняется в пределах, установленных для задачи измерения. Результаты процедур ОК/КК должны быть задокументированы.

9.2 Частота проверок

АИС следует регулировать и проверять после установки, а затем во время непрерывной эксплуатации. В таблице 2 представлены минимально необходимые процедуры ОК/КК и их периодичность. В процедурах ОК/КК необходимо использовать сертифицированные стандартные образцы, характеристики которых обеспечивают значения неопределенности измерений, указанные в приложении D. Результаты процедур ОК/КК должны быть задокументированы.

Таблица 2 — Минимальная частота проверок ОК/КК во время работы

Параметры	Минимальная частота	Процедура оценки
Время отклика	Раз в год	По D.2
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	Раз в год	По D.3.2
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	Раз в год	По D.3.3

Окончание таблицы 2

Параметры	Минимальная частота	Процедура оценки
Несоответствие	Раз в год и после внесения значительных изменений или ремонта АИС, которые могут существенно повлиять на полученные результаты	По D.4
Система отбора проб и проверка герметичности	Раз в год и после внесения значительных изменений или ремонта АИС, которые могут существенно повлиять на целостность системы отбора проб	По D.12, D.13
Выравнивание потока (только для *in situ* АИС)	Раз в год	Согласно требованиям производителя
Ослабление интенсивности света за счет чистоты и запыленности (только *in situ* АИС)	В соответствии с требованиями производителя или периодом, указанным в национальном стандарте	Согласно требованиям производителя
Очистка или замена фильтров	Фильтры твердых частиц необходимо периодически менять в зависимости от запыленности в месте отбора проб. Во время этой замены фильтра необходимо очищать корпус фильтра	Согласно требованиям производителя
Дрейф нуля	Один раз в период автономной работы или в период, указанный в национальном стандарте	По D.6
Дрейф точки	Один раз в период автономной работы или в период, указанный в национальном стандарте	По D.6
Регулярное обслуживание газоанализатора	Согласно рекомендациям производителя	Согласно рекомендациям производителя
Примечание — Для этого определения газоанализаторы допускается проверить с помощью внутренних ячеек или оптических фильтров.		

Пользователь должен реализовать процедуру, гарантирующую, что используемые стандартные образцы соответствуют требованиям неопределенности, указанным в приложении *E* (например, по сравнению с сертифицированными образцами более высокого качества).

9.3 Калибровка, валидация и неопределенность измерений

Калибровку и валидацию АИС следует выполнять ежегодно и после ремонта анализатора в соответствии с применимыми национальными или международными стандартами.

Примечание — В Российской Федерации АИС контроля выбросов должны соответствовать требованиям, установленным законодательством по обеспечению единства измерений [5]*, что предполагает необходимость испытаний АИС в целях утверждения типа и ее поверку. Кроме того, АИС должна обеспечивать выполнение обязательных метрологических требований к измерениям, установленным Правительством Российской Федерации для измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений* [6]*. Процедуры испытаний и поверки, а также общие требования к метрологическому обеспечению АИС приведены в ГОСТ Р 8.960, ГОСТ Р 8.958, ГОСТ Р 8.959.*

Стационарно установленная АИС для непрерывного мониторинга должна быть откалибрована и утверждена путем сравнения:

a) с независимым методом измерения или

b) сертифицированным стандартным образцом.

В любом случае валидация должна включать определение неопределенности измеренного значения, полученного при калибровке АИС. Расчет неопределенности измерения SO_2 приведен в приложении F. Перед каждой калибровкой АИС должна подвергаться регулировкам и испытаниям производительности в соответствии с 9.2. Это гарантирует, что неопределенность измерения является представительной для применения на конкретном предприятии.

Валидация должна включать оценку неопределенности измерений путем использования в качестве объекта измерений сертифицированного стандартного образца — газовой смеси в баллоне под давлением.

Примечание — Определение неопределенности измеренных значений, полученных стационарно установленной АИС для непрерывного мониторинга на основе сравнения с независимым методом измерения приведено в [7].

Неопределенность измеренных значений должна соответствовать критерию неопределенности, установленному для цели измерения.

Примечание — В Российской Федерации к обязательным метрологическим требованиям к измерениям, выполняемым в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, относятся диапазон и пределы допускаемой погрешности измерений [6].

10 Протокол испытаний

Если не указано иное, протокол испытаний должен включать по крайней мере следующую информацию:

a) ссылку на настоящий стандарт;

b) описание цели измерения;

c) принцип отбора проб газа;

d) информацию о газоанализаторе, описание линии отбора и подготовки проб;

e) идентификационные данные используемого газоанализатора и его эксплуатационные характеристики согласно таблице 1;

f) рабочий диапазон;

g) температуру и давление измеряемого газа, а также длину пути через оптическую ячейку (требуется только для измерения *in situ*);

h) подробные сведения о качестве и концентрации используемых сертифицированных газовых смесей для проверок ОК/КК;

i) описание установки и процесса, диапазон концентраций загрязняющих веществ и возможное мешающее влияние;

j) идентификацию плоскости отбора проб и ее расположение;

k) действия, предпринятые для получения представительных проб;

l) описание расположения точки (точек) отбора проб в плоскости;

m) описание рабочих условий производственного процесса;

n) изменения в работе предприятия во время отбора проб;

o) дату, время и продолжительность отбора проб;

p) усредненные значения за соответствующие периоды времени;

q) измеренные значения;

r) неопределенность измерения;

s) результаты проверок ОК/КК, проведенных в соответствии с таблицей 2;

t) любые отклонения от настоящего стандарта.

Приложение *А*
(обязательное)

Примеры результатов оценки измерения SO_2 АИС

Результаты испытаний в соответствии с эксплуатационными характеристиками приложения D, для измерения содержания SO_2 методами НДИК, НДУФ, ДЛС и ИКПФ и методов *in situ* НДИК, НДУФ и ДОАС приведены в таблицах *А.1—А.5.*

Примечания

1 Приведенные данные в таблицах *А.1—А.5*, относятся к результатам испытаний эксплуатационных характеристик.

2 На настоящий момент данные по эксплуатационным испытаниям анализаторов на основе УФ-излучения отсутствуют. В таблице *А.1* приведены примеры результатов испытания эксплуатационных характеристик измерения содержания SO_2 с использованием холодных сухих экстрактивных методов НДИК.

Таблица *А.1* — Эксплуатационные характеристики для косвенного измерения SO_2 с использованием методов НДИК с холодной сухой экстракцией

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	Холодная сухая экстракция		
		НДИК-1	НДИК-2	НДИК-3
Типичный низкий диапазон	—	75 мг/м^3	100 мг/м^3	175 мг/м^3
Время отклика	≤ 200 с	117 с	141 с	191 с
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,1 %	0,54 %	0,0 %
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,2 %	1,6 %	0,0 %
Несоответствия	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,8 %	0,88 %	0,62 %
Нулевой дрейф в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–1,44 %	1,7 %	0,37 %
Дрейф точки диапазона в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	1,81 %	2,1 %	2,4 %
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К	≤ 5 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–2,0 %	2,2 %	2,0 %
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	—	—	—
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,1 %	0,80 %	–0,98 %
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне ниже минус 15 % или выше плюс 10 % номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–1,0 %	0,67 %	0,16 %

Окончание таблицы А.1

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	Холодная сухая экстракция		
		НДИК-1	НДИК-2	НДИК-3
Перекрестная чувствительность	≤ 4 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	3,73 %	3,3 %	1,2 %
Отклонение измерительного луча перекрестной системы AMS *in situ*	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	—	—	—

Таблица *А.2* — Эксплуатационные характеристики измерения SO_2 с использованием методов НДУФ с горячей влажной экстракцией и ДЛС с разбавлением

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	НДУФ с горячей влажной экстракцией	ДЛС с разбавлением
Типичный низкий диапазон	—	75 мг/м^3	78 мг/м^3
Время отклика	≤ 200 с	158 с	22 с
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,13 %	0,0 %
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,26 %	0,2 %
Несоответствия	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–0,47 %	–0,97 %
Нулевой дрейф в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	1,9 %	0,7 %
Дрейф точки диапазона в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	1,9 %	2,4 %
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К	≤ 5 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–3,38 %	–1,7 %
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	—	—
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–0,5 %	–1,0 %
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне ниже минус 15 % или выше плюс 10 % номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–0,5 %	0,8 %
Перекрестная чувствительность	≤ 4 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–3,08 %	–1,67 %
Отклонение измерительного луча перекрестной системы *in situ* АИС	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	—	—

Таблица *A.3* — Эксплуатационные характеристики измерения SO_2 с использованием методов ИКПФ с горячей влажной экстракцией

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	ИКПФ с горячей влажной экстракцией	
Типичный низкий диапазон	—	ИКПФ-1 75 мг/м^3	ИКПФ-2 175 мг/м^3
Время отклика	≤ 200 с	120 с	186 с
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,0 %	0,1 %
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,1 %	0,5 %
Несоответствия	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,4 %	0,48 %
Нулевой дрейф в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	1,9 %	–0,8 %
Дрейф точки диапазона в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	1,9 %	2,3 %
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К	≤ 5 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,3 %	1,2 %
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	—	—
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,5 %	–1,5 %
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне минус 15 % ниже или плюс 10 % выше номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	1,8 %	0,3 %
Перекрестная чувствительность	≤ 4 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	2,6 %	3,88 %
Отклонение измерительного луча перекрестной системы *in situ* АИС	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	—	—

Таблица *A.4* — Эксплуатационные характеристики измерения SO_2 с использованием методов *in situ* (ИК и УФ)

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	*In situ*	
		ИК	УФ перекрестный
Типичный низкий диапазон	—	300 мг/м^3	75 мг/м^3
Время отклика	≤ 200 с	186 с	180 с
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,4 %	0,1 %
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,3 %	0,1 %
Несоответствия	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,4 %	0,63 %
Нулевой дрейф в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	3,0 %	0,3 %

Окончание таблицы А.4

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	*In situ*	
		ИК	УФ перекрестный
Дрейф точки диапазона в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	3,0 %	2,0 %
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К	≤ 5 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	3,8 %	0,5 %
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,71 %	–0,49 %
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	—	—
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне ниже минус 15 % или выше плюс 10 % номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	1,0 %	0,20 %
Влияние вибрации	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	1,8 %	–0,9 %
Перекрестная чувствительность	≤ 4 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–3,4 %	–1,96 %
Отклонение измерительного луча перекрестной системы *in situ* АИС	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–1,0 %	–0,64 %

Таблица *А.5* — Эксплуатационные характеристики измерения SO_2 с использованием методов *in situ* (ДОАС)

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	*In situ*	
		ДОАС перекрестный	ДОАС точечное
Типичный низкий диапазон	—	ДОАС-1 75 мг/м^3	ДОАС-2 75 мг/м^3
Время отклика	≤ 200 с	38 с	38 с
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,26 %	0,38 %
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,41 %	1,11 %
Несоответствия	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,6 %	0,8 %
Нулевой дрейф в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,6 %	1,4 %
Дрейф точки диапазона в период автономной работы	≤ 3 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–1,8 %	–1,9 %
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К	≤ 5 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,6 %	0,5 %
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,8 %	0,8 %

Окончание таблицы А.5

Эксплуатационные характеристики	Критерии соответствия требованиям	*In situ*	
		ДОАС перекрестный	ДОАС точечное
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	—	—
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне ниже минус 15 % или выше плюс 10 % номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	0,7 %	0,7 %
Влияние вибрации	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	–0,9%	0,4%
Перекрестная чувствительность	≤ 4 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	3,6 %	–3,4%
Отклонение измерительного луча перекрестной системы *in situ* АИС	≤ 2 % от верхнего предела самого нижнего используемого диапазона измерения	1,7 %	—

Приложение *В*
(справочное)

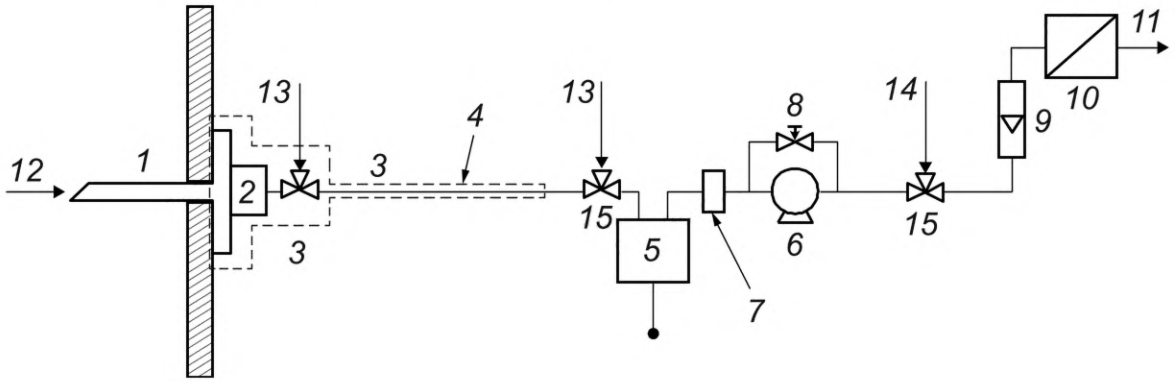
Метод экстрактивного измерения SO_2

В.1 Общие положения

В.1.1 Горячая/влажная экстрактивная система отбора проб

Существует множество вариантов подобной системы, и на рисунке *В.1* приведен пример типичной измерительной системы для SO_2. Эта система подходит для использования со всеми газоанализаторами, описанными в 6.2.

Отбор проб газа должен быть представительным, т. е. место отбора проб должно быть типичным для всего газохода в соответствии с рекомендациями, приведенными в *ГОСТ Р ИСО 10396*. Точки отбора проб для измерения требуют проверки на однородность. Перед установкой необходимо проверить равномерность газового потока.



1 — пробоотборник; *2* — первичный фильтр; *3* — система нагревания (при необходимости); *4* — линия отбора проб (подогреваемая при необходимости); *5* — система охлаждения с отводом влаги; *6* — насос; *7* — вторичный фильтр; *8* — игольчатый клапан; *9* — расходомер; *10* — газоанализатор; *11* — выходное отверстие; *12* — вход для нулевого газа и газовых смесей (предпочтительно перед соплом) для проверки всей системы; *13* — вход для нулевого газа и газовых смесей для проверки системы кондиционирования и газоанализатора; *14* — вход для нулевого газа и газовых смесей для проверки газоанализатора; *15* — клапан

Рисунок *В.1* — Пример горячей/влажной экстрактивной системы

Технические устройства, описанные в *В.1.2.1* — *В.1.2.7*, доказали свою эффективность, например, при измерениях на газовых, нефтяных и угольных электростанциях. Необходимо соблюдать меры предосторожности из-за высокой коррозионной активности конденсирующейся кислоты или ангидрида, например при наличии соляной кислоты, оксида серы (VI) или оксида азота (IV).

В.1.2 Технические устройства холодной/сухой экстрактивной системы

В.1.2.1 Пробоотборный зонд

Пробоотборный зонд должен быть изготовлен из подходящего коррозионно-стойкого материала. Для температуры отходящих газов ниже *463,15 К* подходит политетрафторэтилен (ПТФЭ). Для поддержания концентрации определяемого соединения в отходящих газах применяют охлаждение, но температура должна поддерживаться на 10—20 К выше точки росы воды или кислотных газов.

В.1.2.2 Фильтр

Фильтр необходим для удаления твердых частиц, чтобы защитить систему отбора проб и газоанализатор. Фильтр должен быть изготовлен из керамики, боросиликатного стекла или металлокерамики. Он должен нагреваться выше точки росы воды или кислоты, в зависимости от того, какая выше. Рекомендуется использовать фильтр, задерживающий частицы размером более 2 мкм. Размер фильтра следует определять исходя из требуемого расхода пробы и данных изготовителя о расходе на единицу площади.

Температура пробоотборного зонда и фильтра должна быть на 10—20 К выше точки росы воды или кислоты, в зависимости от того, какая выше.

В.1.2.3 Линия отбора проб

Линия отбора проб должна быть изготовлена из коррозионно-стойких материалов (ПТФЭ, ПФА, нержавеющая сталь и др.). Она должна работать при температуре от 10 до 20 К выше точки росы конденсируемых веществ (как правило, точки росы для воды или кислоты). Диаметр трубки должен быть соответствующего размера, чтобы обеспечить скорость потока, требуемую газоанализатору, при выбранной длине линии и степени падения давления в линии, а также производительности используемого насоса для отбора проб.

B.1.2.4 Система удаления влаги (охладитель пробы или осушитель)

Система удаления влаги используется для отделения водяного пара от отходящего газа. Точка росы должна быть значительно ниже температуры окружающей среды и температуры пробы, чтобы гарантировать, что температура окружающего воздуха не влияет на отделение воды. Рекомендуется относительная влажность, эквивалентная температуре охлаждения от 275,15 до 278,15 К. Охлаждение применяют для объема отбираемого газа с учетом содержащегося в нем водяного пара.

B.1.2.5 Насос для отбора проб (коррозионно-стойкий)

Насос для отбора проб используется для непрерывного отбора пробы из газохода через систему отбора проб. Это может быть мембранный насос, насос с металлическим сильфоном, эжекторный насос или другие типы. Насос должен быть изготовлен из коррозионно-стойкого материала. Эксплуатационные характеристики насоса должны соответствовать требуемым значениям потока газа для газоанализатора. Чтобы сократить время транспортировки в пробоотборной линии и риск физико-химического преобразования пробы, поток газа может быть больше, чем требуется для газоанализатора, и должен быть безимпульсным, чтобы обеспечить постоянный и равномерный поток.

Для горячей/влажной экстрактивной системы (*B.1.3*) насос должен работать при температуре не менее *453,15 К* или на 10—20 К выше точки росы воды или кислоты.

B.1.2.6 Вторичный фильтр

Вторичный фильтр необходим для удаления оставшихся твердых частицы с целью защиты насоса и газоанализатора. Рекомендуется использовать фильтр, задерживающий частицы размером более 1 мкм. Приемлемыми материалами являются ПТФЭ, боросиликатное стекло или металлокерамика. Размер фильтра должен определяться исходя из требуемого расхода пробы и данных производителя о расходе на единицу площади.

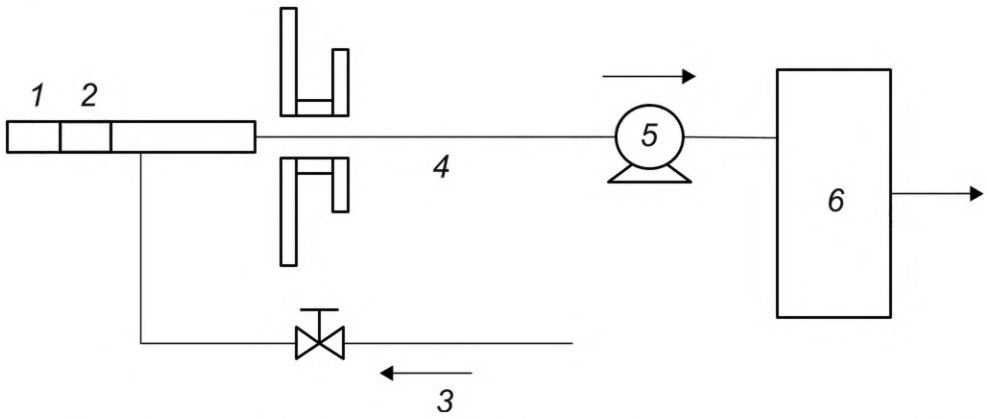
B.1.2.7 Регулятор расхода и расходомер

Для установки необходимого расхода используются регулятор расхода и расходомер. Они должны быть изготовлены из коррозионно-стойкого материала.

***B.1.3* Горячая/влажная экстрактивная система**

При использовании газоанализаторов с подогреваемой ячейкой для проб применяют автоматическую измерительную систему, показанную на рисунке *B.2*.

В дополнение к холодной/сухой экстрактивной системе имеется также АИС для измерения SO_2, которая гарантирует, что температура измеряемого газа выше точки росы воды и кислоты (или точки росы других конденсируемых веществ), чтобы избежать потерь SO_2. В этом случае систему допускается упростить. Необходимо, чтобы все компоненты, транспортирующие анализируемый газ к газоанализатору, также нагревались выше точки росы воды и кислоты.



1 — пробоотборник с подогревом (при необходимости); *2* — фильтр (внутри или вне сечения); *3* — вход для нулевого газа и газовых смесей; *4* — линия отбора проб с подогревом; *5* — подогреваемый насос; *6* — газоанализатор с подогреваемой ячейкой для проб

Рисунок *B.2* — Пример оптической измерительной системы горячего/влажного типа

***B.1.4* Экстрактивная система с разбавлением**

Метод разбавления является альтернативой мониторингу горячего газа или осушке анализируемого газа. Отходящий газ разбавляется чистым газом, который не должен содержать определяемых компонентов (см. [*4*]).

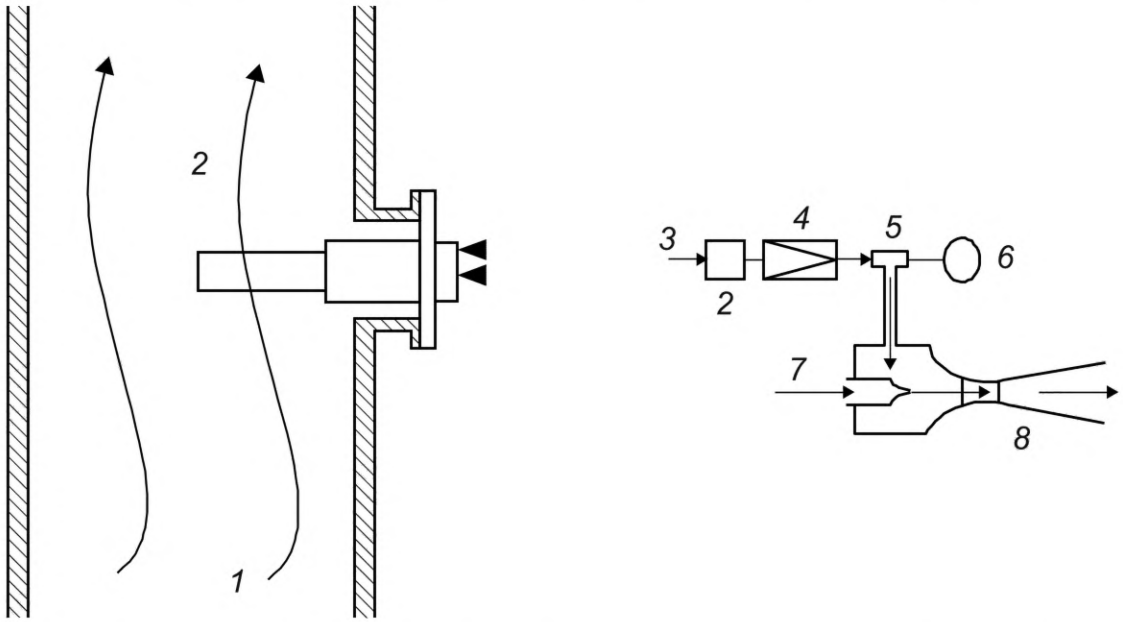
Коэффициент разбавления должен быть выбран в соответствии с целями измерения и должен быть совместим с диапазоном измерения. Разбавление должно оставаться постоянным в течение всего периода испытания, так как частота калибровки единиц измерения зависит, в том числе, от стабильности коэффициента разбавления. Точка росы должна быть снижена, чтобы уменьшить риск образования конденсата в системе контроля газа. Измеренные значения всегда относятся к влажному газу.

Многие типы устройств подходят для использования в системах разбавления, например:

- калиброванные аликвоты (капилляры, сопла, игольчатые клапаны и др.);
- расходомеры по объему или массе;
- регуляторы давления и/или расхода.

Пример схемы представлен на рисунке *В.3*.

Коэффициенты разбавления зависят от изменений плотности отходящих газов. Изменения температуры отходящих газов, молекулярной массы и общего давления в газоходе могут повлиять на соотношение и результирующие измерения концентрации, поэтому все изменения необходимо записывать в протоколе испытаний.



1 — отходящий газ; *2* — зонд для разбавления; *3* — проба газа (Q_2 — расход); *4* — фильтр для частиц; *5* — клапан; *6* — вакуумметр; *7* — разбавляющий воздух (Q_1 — расход); *8* — разбавленная проба газа ($Q_1 + Q_2$ — расход пробы газа)

Рисунок *В.3* — Пример схемы экстрактивной системы с разбавлением (схема зонда для разбавления приведена справа)

Примечание — Коэффициент разбавления рассчитывается по формуле $(Q_1 + Q_2)/Q_2$. Исходная концентрация источника рассчитывается путем умножения коэффициента разбавления на измеренную концентрацию.

В.2 Принципы измерения

В.2.1 Метод недисперсионной инфракрасной спектроскопии

В.2.1.1 Основные положения

Метод НДИК спектроскопии основан на том, что газы, состоящие из молекул с разными атомами, поглощают ИК-излучение с длинной волны, соответствующей конкретному атому или молекуле. Метод измерения включает нижеперечисленные аспекты.

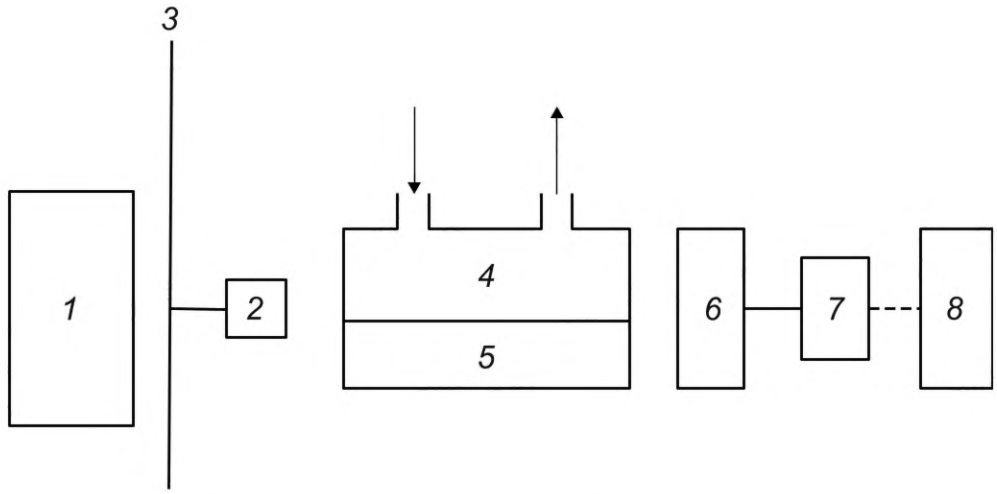
В.2.1.2 Двухлучевой метод

Излучение, испускаемое ИК-источником, разделяется на два луча, а затем модулируется: один пучок проходит через ячейку с пробой, а другой — через эталонную ячейку, содержащую газ, неактивный в ИК-излучении, обычно азот. Если проба газа содержит SO_2, часть энергии ИК-излучения поглощается, и разница в энергии ИК-излучения, достигающей детектора, пропорциональна количеству присутствующего SO_2. Детектор разработан таким образом, что он чувствителен только к длинам волн, специфичным для SO_2. Пример схемы двухлучевого газоанализатора представлен на рисунке *В.4*.

В.2.1.3 Однолучевой метод

Существует как минимум три типа однолучевых методов:

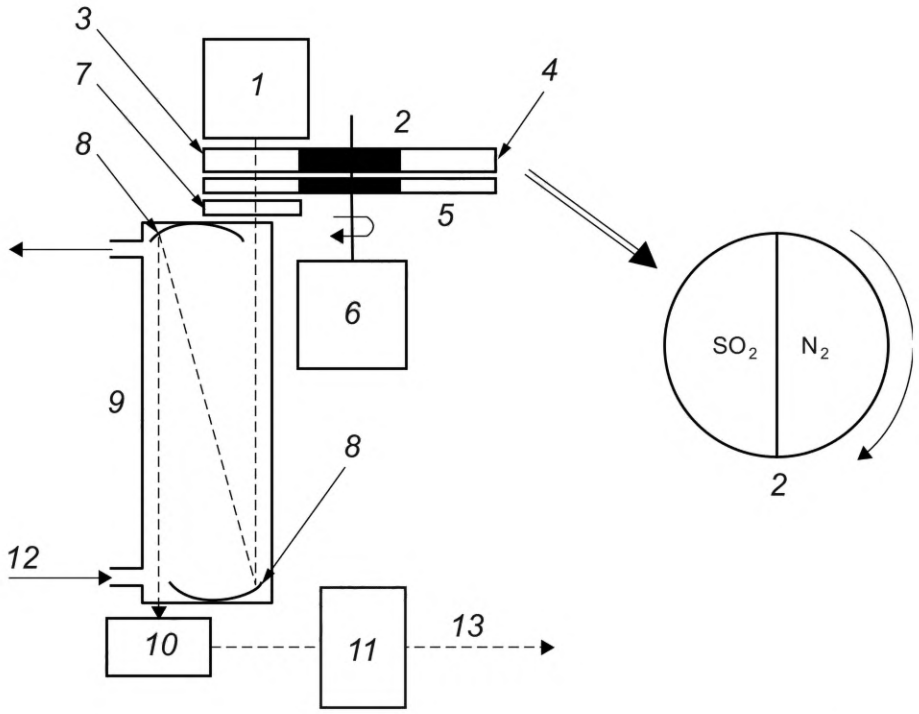
- использование интерференционных фильтров, причем один фильтр используется в полосе поглощения измеряемого газа, а другой — в эталонной длине волны. Тогда концентрация газа является функцией отношения, измеренной и эталонной длин волн. Вместо нескольких фильтров допускается использовать настраиваемый фильтр с изменяющейся длиной волны полосы пропускания;



1 — ИК-источник; *2* — двигатель прерывателя; *3* — прерыватель или диск прерывателя; *4* — ячейка с пробой; *5* — эталонная ячейка; *6* — детектор; *7* — датчик; *8* — дисплей

Рисунок *В.4* — Пример схемы двухлучевого газоанализатора НДИК

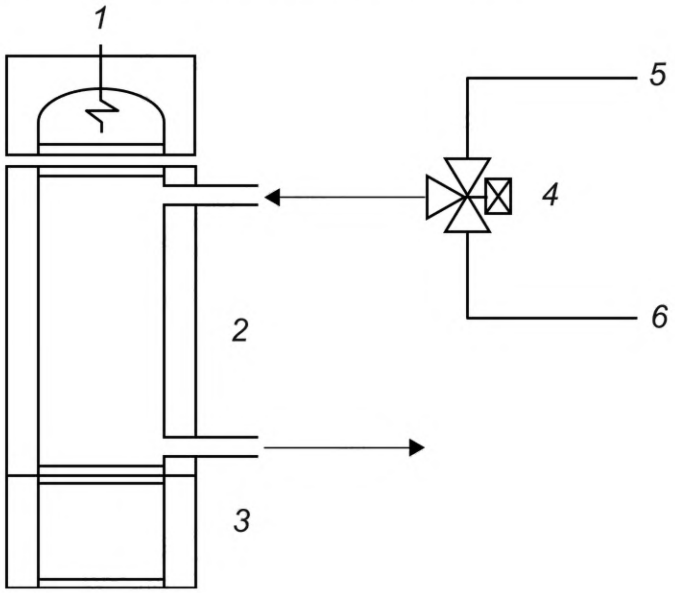
- в методе корреляции газового фильтра фильтр измерительных помех заменяется газовым фильтром; в остальном метод подобен предыдущему. Газоанализатор состоит из газовых корреляционных фильтров, которые состоят из фильтра анализируемого газа, заполненного высоким уровнем измеряемого газа, включая SO_2, и фильтра, заполненного корреляционным нулевым газом N_2, и колеса прерывателя. После введения анализируемого газа в измерительную ячейку корреляционные фильтры газа и колесо прерывателя постоянно вращаются. Газоанализатор измеряет дифференциальное ИК-поглощение луча, который попеременно проходит через фильтр с анализируемым газом и фильтром с нулевым газом. Это дает лучшую чувствительность и уменьшает эффекты перекрестной чувствительности. Пример схемы газоанализатора НДИК корреляционного типа с газовым фильтром показан на рисунке *В.5*.



1 — ИК-источник; *2* — газовый корреляционный фильтр; *3* — фильтр пробы газа; *4* — эталонный газовый фильтр; *5* — измельчитель; *6* — прерыватель; *7* — оптический фильтр; *8* — зеркало; *9* — ячейка для пробы; *10* — детектор; *11* — усилитель; *12* — вход пробы газа; *13* — выходной сигнал

Рисунок *В.5* — Схема газоанализатора НДИК корреляционного типа с газовым фильтром

- недисперсионный ИК-газоанализатор с перекрестной модуляцией определяет разницу в поглощении ИК-излучения, вызванную поочередным введением в измерительную ячейку анализируемого газа и нулевого газа (например, воздуха с удаленным SO_2 и т. д.). Измеренная разность представляет собой концентрацию, обусловленную измеряемой величиной, и таким образом устраняется влияние мешающих компонентов. Пример схемы газоанализатора с перекрестной модуляцией представлен на рисунке *В.6*.



1 — ИК-источник; *2* — ячейка для пробы; *3* — оптический фильтр и детектор; *4* — электромагнитный клапан; *5* — проба газа; *6* — нулевой газ

Рисунок *В.6* — Схема газоанализатора НДИК с перекрестной модуляцией

В.2.1.4 ИК-спектроскопия с преобразованием Фурье

В двухлучевом интерферометре, обычно используемом для ИКПФ, свет, излучаемый ИК-источником, коллимируется и направляется на светоделитель. Часть света проходит через светоделитель к зеркалу, а остальная часть света отражается к другому зеркалу. В зависимости от конструкции интерферометра одно или несколько зеркал могут перемещаться, и в результате лучи проходят разные расстояния. Когда два луча отражаются обратно к светоделителю, между ними возникает разность фаз. Комбинированный выходной пучок, выходящий из интерферометра, будет иметь разную интенсивность в зависимости от разности оптических путей (положения зеркала). Этот сигнал переменной интенсивности называется интерферограммой, и он связан со спектром длин волн посредством преобразования Фурье. Спектр получают путем записи интерферограммы, применения к ней некоторой цифровой обработки сигнала (фильтрация, фазовая коррекция) и вычисления его обратного преобразования Фурье. Полученный спектр сравнивают со спектрами из установленной библиотеки для определения концентрации интересующих газов (SO_2). Пример схемы газоанализатора представлен на рисунке *В.7*.

В.2.1.5 Лазерная спектроскопия или диодно-лазерная абсорбционная спектроскопия

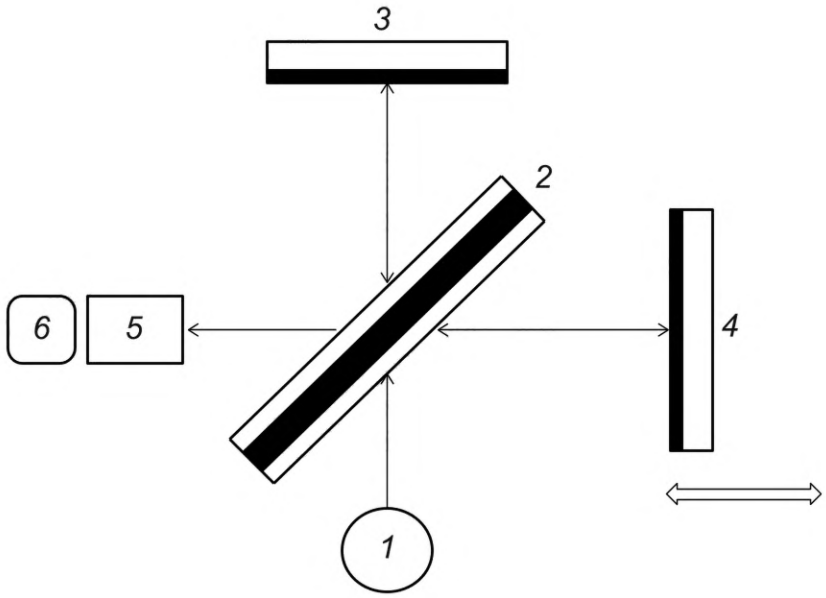
Для анализа SO_2 в отходящих газах применяют метод ДЛС с оптическим захватом (OF-CEAS). Метод имеет высокое разрешение и большую длину пути. Отбор проб проводят с использованием зонда *in situ* под низким давлением в дымовой трубе. Пониженное давление снижает точку росы пробы газа, увеличивает скорость транспортировки газа в линии (примерно в 20 раз), уменьшает расширение полосы для спектрального разрешения. Проба подается в газоанализатор через линию отбора проб, при температуре, не превышающей *353,15 К*, без системы кондиционирования. При этом целостность пробы сохраняется.

***В.2.2* Метод недисперсионной УФ-спектроскопии**

Метод НДУФ основан на том принципе, что газы, состоящие из молекул с разными атомами, поглощают УФ-излучение с соответствующей конкретному атому или молекуле. Методы НДУФ используют те же принципы, что и приведенные в *В.2.1*.

Газоанализатор НДУФ, как правило, состоит из следующих основных компонентов:

- источника света (дуговая дейтериевая лампа, ртутная лампа высокого давления и др.);
- оптических и/или газовых фильтров;
- измерительной ячейки;
- фотодетектора;
- эталонной ячейки, используемой для проверки дрейфа.



1 — ИК-источник; *2* — светоделитель (полусеребристое зеркало); *3* — неподвижное зеркало; *4* — движущееся зеркало; *5* — ячейка для пробы; *6* — детектор

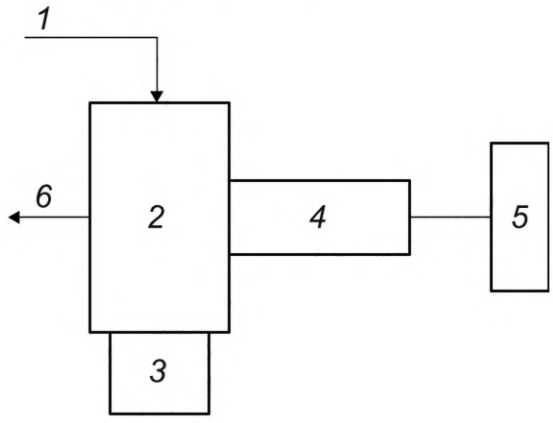
Рисунок *В.7* — Пример схемы ИК-газоанализатора с преобразованием Фурье

В.2.3 **Метод ультрафиолетовой флуоресценции**

Флуоресценция — это люминесцентный процесс, при котором световая энергия поглощается на одной длине волны и испускается на другой длине волны. Процесс флуоресценции SO_2 можно выразить как

$$SO_2 + hv\ (210\ нм) \rightarrow SO_2^*\ (возбужденное\ состояние) \rightarrow SO_2 + hv'\ (от\ 240\ до\ 410\ нм)$$

Для измерения концентраций SO_2 пробу газа облучают УФ-светом в диапазоне 210 нм и измеряют испускаемое флуоресцентное излучение. На настоящий момент в продаже существуют специализированные газоанализаторы для измерения концентраций SO_2 в окружающей среде и в газоходах. Схема газоанализатора представлена на рисунке *В.8*. Свет от постоянного или импульсного источника УФ-излучения фокусируется в узкую область с центром примерно 210 нм. Флуоресцентное излучение измеряется под прямым углом к возбуждающему излучению с помощью фотоэлектронного умножителя или другого детектора. Для устранения мешающего влияния используют фильтр для отделения части флуоресцентного излучения в диапазоне от 310 до 370 нм.



1 — подача пробы газа в камеру; *2* — флуоресцентная камера; *3* — источник УФ-излучения; *4* — части для обнаружения (фильтр и фотоумножитель или другой детектор); *5* — датчик; *6* — выход отбора пробы газа

Рисунок *В.8* — Пример схемы УФ-флуоресцентного газоанализатора

Применение данного метода для мониторинга окружающей среды или отходящих газов должно учитывать подавление флуоресценции другими молекулами, присутствующими в пробах газов (вода, CO_2, N_2, углеводороды и т. д.). При отборе из газоходов, как правило, применяют разбавление пробы газа воздухом, чтобы свести к минимуму различия в фоновом составе. Комбинация системы разбавления (как приведено в *В.1.4*) в сочетании с газоанализаторами SO_2 успешно применяется во многих системах в США для соблюдения требований Программы по борьбе с кислотными дождями (см. [*4*]).

Приложение *С*
(справочное)

Метод прямого неэкстрактивного измерения SO_2

С.1 Принцип измерения основан на прямом измерении SO_2 *in situ* с помощью дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии

С.1.1 Общие положения

В настоящем приложении приведен пример *in situ* АИС. Принцип анализа основан на прямом измерении SO_2 в потоке. Массовая концентрация SO_2 определяется прямым измерением с помощью анализатора ДОАС. Для поправки на сухие стандартные условия рекомендуется измерять водяной пар вместе с концентрацией SO_2.

Примечание — Для измерений *in situ* также применяют газоанализаторы, основанные на принципах НДИК, ИКПФ и НДУФ.

С.1.2 Дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия

Используется анализатор с ксеноновой лампой высокого давления измеряет полный спектр поглощения отходящих газов в дымовой трубе в диапазоне от 200 до 2000 нм, и данные сохраняются в памяти анализатора (компьютер). Спектр подразделяют на «нулевой» или спектр фонового поглощения, записанный в условиях, когда отсутствует поглощение измеряемых газов.

Делением двух спектров можно получить полное поглощение света вдоль светового луча. Это может быть связано с газообразными загрязняющими веществами в газе, а также с пылью или колебаниями интенсивности света. Поскольку только молекулы газа вызывают быстрые или узкополосные изменения в спектрах поглощения, медленные или широкополосные изменения, вызывающие увеличение градиента, математически исключаются.

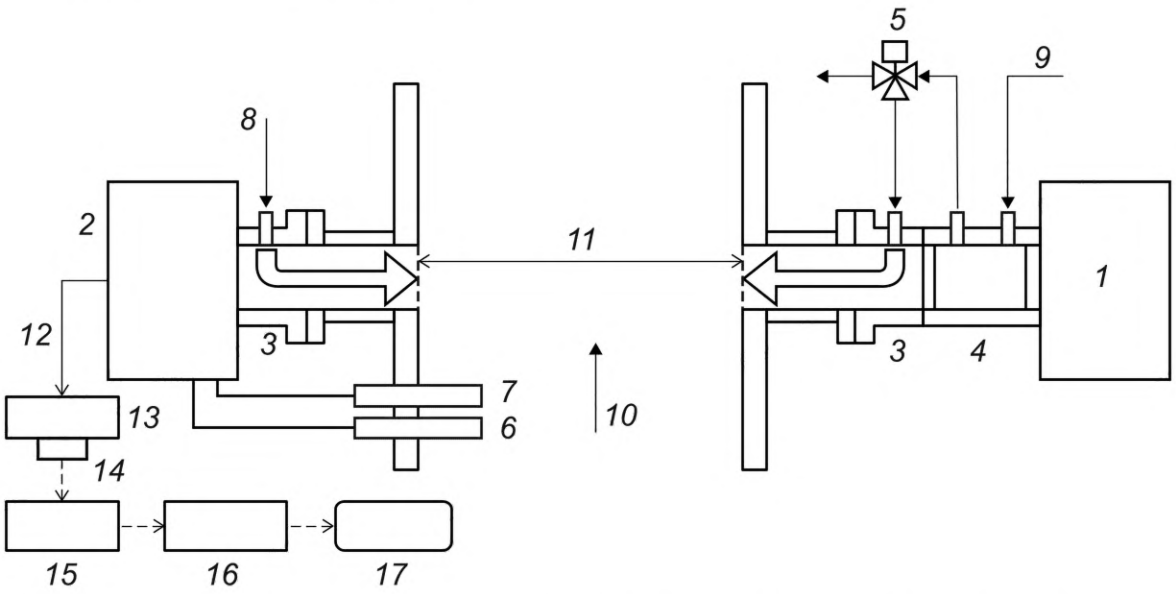
Полученный спектр математически сравнивается с сохраненным спектром источника света. Рассчитывают дифференциальный спектр поглощения, и этот расчет является основой для расчета концентрации соединения (соединений). Рассчитанный спектр состоит из достаточно сбалансированной суммы эталонных спектров для соответствующего анализа.

Типичная длина волны измерения, используемая для SO_2, составляет 310 нм.

С.2 Системы измерения *in situ* в поперечном сечении газохода

С.2.1 Общие положения

Система измерения ДОАС *in situ* состоит из передатчика и приемника. Два блока устанавливаются друг напротив друга непосредственно на трубе или газоходе. На рисунке *С.1* представлена типичная схема системы измерения *in situ*, основанной на ДОАС для SO_2.



1 — передатчик; *2* — приемник; *3* — продувочный фланец; *4* — ячейка проверки; *5* — трехходовой клапан; *6* — датчик давления (при постоянных условиях в газоходе не требуется); *7* — датчик температуры (при постоянных условиях в газоходе не требуется); *8* — продувочный газ; *9* — продувочный газ, газовая смесь или нулевой газ; *10* — область отходящих газов; *11* — измерительный путь; *12* — оптоволоконный кабель; *13* — спектрометр; *14* — детектор; *15* — датчик; *16* — компьютер; *17* — регистратор данных

Рисунок *С.1* — Пример схемы системы измерения ДОАС *in situ*

***С.2.2* Компоненты системы измерения ДОАС *in situ* (поперечный газоход)**

С.2.2.1 Передатчик и приемник

Блок передатчика содержит источник света, такой как ксеноновая лампа, а блок приемника содержит фотодетектор. Луч света исходит от лампы, расположенной в блоке передатчика. Ультрафиолетовый свет проходит через газ и попадает на фотодетектор в приемном блоке.

С.2.2.2 Очистка оптической ячейки

Фланцы для продувки выполняют две основных функции. Во-первых, они используются для крепления передатчика или приемника на трубе. Во-вторых, продувочный фланец имеет штуцер для продувки.

Если этого требует применение, то подается продувочный газ, чтобы предотвратить загрязнение оптических компонентов отходящим газом. Продувочный газ поступает на продувочный фланец и течет в направлении газохода, где смешивается с отходящими газами. В качестве продувочного газа, как правило, используется нулевой газ. Расход зависит от условий и, как правило, составляет от 20 до 50 дм^3/мин.

С.2.2.3 Ячейка проверки

Для проверки работоспособности измерительной системы ДОАС необходимо регулярно проводить процедуру валидации.

Одним из методов проверки является применение внешней ячейки, которая устанавливается на оптическом пути между трубой и блоком передатчика/приемника. Альтернативный метод — использование газонаполненной ячейки со стабильной концентрацией.

Во время процедуры ячейка продувается сертифицированной газовой смесью и временно перемещается на оптический путь соответственно.

Концентрация газа, необходимая для обоих методов, зависит от длины оптического пути и ячейки проверки, а также диапазона измерения. Как правило, используется газовая смесь с содержанием определяемого компонента, эквивалентному от 70 % до 90 % от полного диапазона.

С.2.2.4 Датчик давления и температуры

Из-за установки *in situ* изменение давления и температуры газа в отходящих газах может повлиять на сигнал измерения. Если параметры превышают максимально допустимые отклонения, допускается использовать датчики давления и/или температуры, чтобы обеспечить соответствующее давление или температуру газа в измерительной системе ДОАС, чтобы скорректировать влияние изменений температуры и давления.

С.3* Точечные измерительные системы *in situ

***С.3.1* Общие положения**

Система точечных измерений *in situ* состоит из приемника, передатчика и зонда. Луч, как правило, проходит через поток измеряемого газа и отражается зеркалом на кончике зонда. На рисунке *С.2* приведен пример схемы точечной системы измерения *in situ*.

***С.3.2* Компоненты системы измерения ДОАС *in situ*: точечный мониторинг**

С.3.2.1 Приемопередатчик прибора

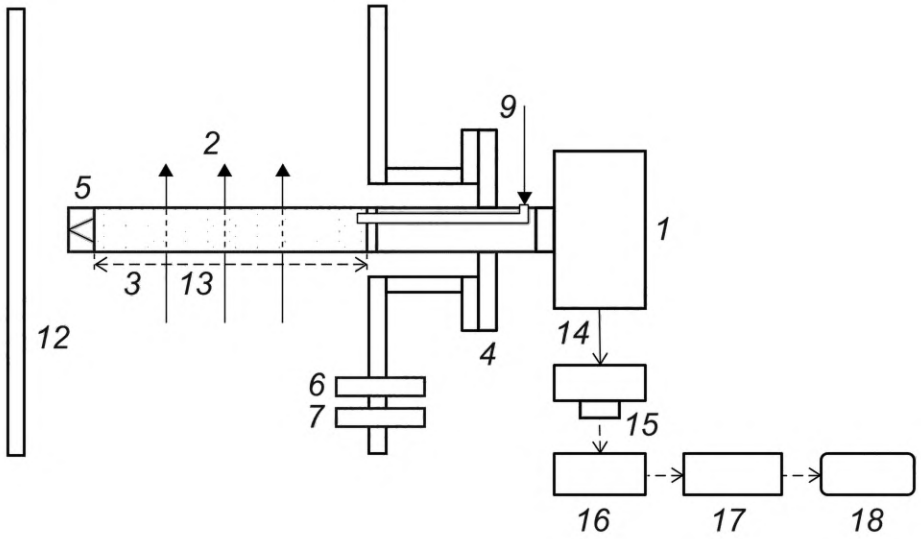
Приемопередатчик — это устройство, содержащее как передатчик, так и приемник. Компонент определяет реакцию измерительной ячейки и генерирует электрический сигнал, соответствующий концентрации измеряемого газа.

С.3.2.2 Измерительная ячейка

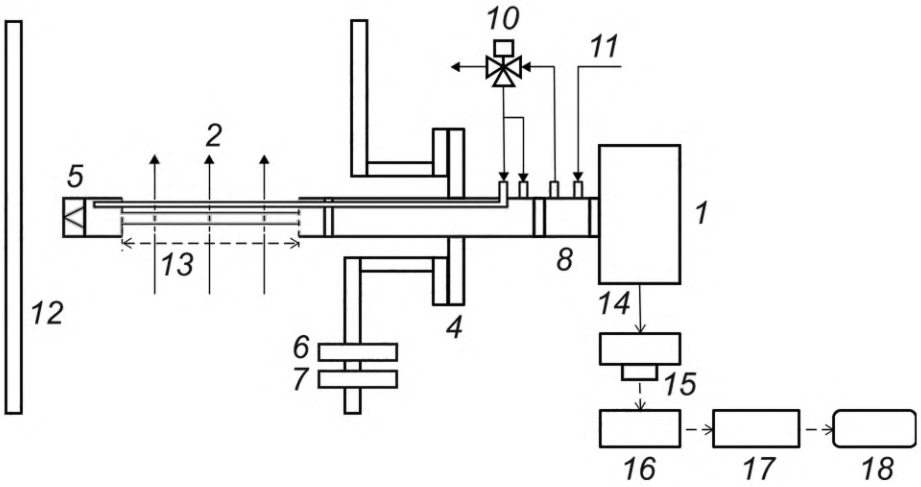
Ячейка или полость подвергаются воздействию потока газа с целью создания электрооптического отклика на концентрацию газа на конце зонда.

С.3.2.3 Фильтр зонда

Пористая керамическая или спеченная металлическая трубка или экран сводят к минимуму влияние твердых частиц на измерение газа. Если ожидается небольшое влияние твердых частиц на измерение, допускается использовать зонд без фильтра.



a) Тип с фильтром: вид сбоку на зонд



b) Тип без фильтра: вид сбоку на зонд

1 — приемопередатчик; *2* — зонд; *3* — фильтр; *4* — фланец зонда; *5* — зеркало; *6* — датчик давления (при постоянных условиях в газоходе не требуется); *7* — датчик температуры (при постоянных условиях в газоходе не требуется); *8* — ячейка проверки; *9* — вход для нулевого газа и газовых смесей; *10* — трехходовой клапан; *11* — вход для продувочного газа, газовых смесей или нулевого газа; *12* — область отходящих газов; *13* — измерительная ячейка или полость; *14* — спектрометр; *15* — детектор; *16* — датчик; *17* — компьютер; *18* — регистратор данных

Рисунок *С.2* — Пример системы измерения ДОАС *in situ*: точечный мониторинг

Приложение D
(обязательное)

Процедуры определения эксплуатационных характеристик

D.1 Общие положения

Перед проведением испытаний необходимо учесть время прогрева, указанное производителем. Если время прогрева не указано, следует планировать минимум 2 ч.

Перед определением эксплуатационных характеристик АИС прибор должен быть настроен в соответствии с требованиями производителя и в соответствии с процедурой, описанной в 9.3.

В условиях испытаний для каждой отдельной характеристики производительности значения следующих параметров должны быть постоянными в пределах указанного ниже диапазона:

- окружающая температура ±2 °С;
- давление отбора проб ±0,2 кПа;
- напряжение питания ±1 % от номинального напряжения сети (кроме испытания зависимости от напряжения).

Для определения различных эксплуатационных характеристик должны использоваться сертифицированные газовые смеси с известной неопределенностью значения концентрации.

Примечание — Время отклика, повторяемость при нуле и на уровне диапазона, проверка линейности, перекрестная чувствительность, дрейф нуля и дрейф диапазона, чувствительность к температуре окружающей среды, чувствительность к электрическому напряжению систем *in situ* могут быть измерены с помощью внешней испытательной ячейки.

D.2 Время отклика

Чтобы установить время отклика, время запаздывания, время нарастания и время спада, ступенчатая функция измеряемой величины должна быть введена в непрерывную автоматическую измерительную систему. Если иное не указано в техническом задании, ступень, создаваемая испытательной установкой, должна иметь время нарастания (от 10 % до 90 % изменения ступени) менее 10 % от времени усреднения, применяемого во время испытаний. Ступенчатое изменение испытательной установки должно соответствовать не менее 60 % диапазона измерения (см. рисунок D.1). Если время нарастания и время спада различаются, для вычисления времени отклика необходимо использовать большее время.

Для приборов, в которых переходные колебания возникают по мере приближения к окончательному выходному сигналу, конечный выходной сигнал считается достигнутым, когда колебания попадают в пределы 10 % входного шага.

Примечание — Существенное различие между временем нарастания и временем спада показывает эффекты памяти, то есть зависимость результата измерений от значения измеряемой величины во время предыдущего(их) их измерения(ий).

D.3 Воспроизводимость при нуле и точке диапазона

D.3.1 Общие положения

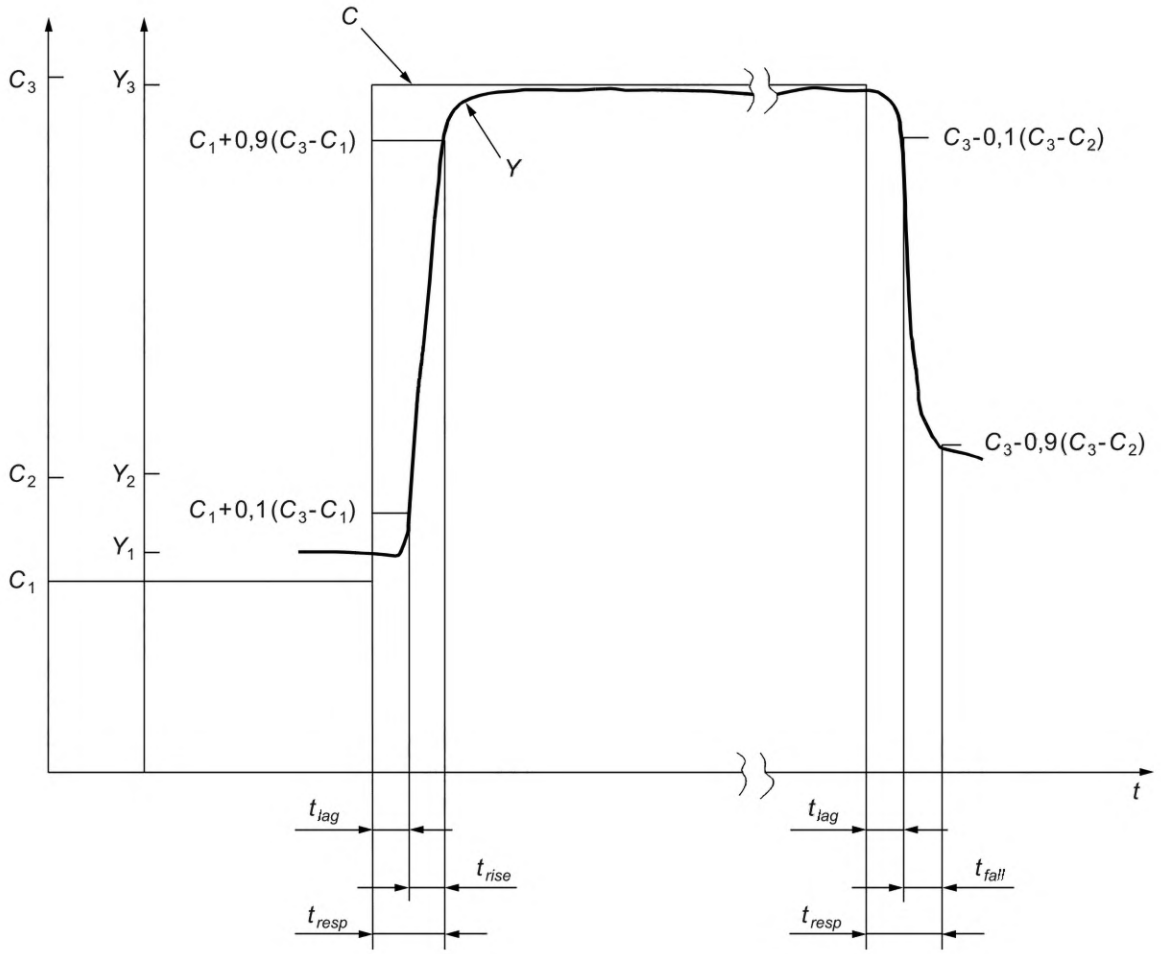
Чтобы определить воспроизводимость при нуле и в контрольной точке диапазона, проводят несколько измерений при нуле и концентрации диапазона в соответствии с процедурами, описанными в D.3.2 и D.3.3. Стандартное отклонение и воспроизводимость рассчитывают для обеих серий измерений (нулевое значение и значение диапазона) в (см. [*2*]).

D.3.2 Стандартное отклонение воспроизводимости в лаборатории в нулевой точке

Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке должно быть определено путем нанесения эталонного материала в нулевую точку (нулевой газ). В первую очередь настраивают нулевую точку анализатора, затем подают нулевой газ на впуск для нулевого газа и газовых смесей для процедур ОК/КК.

Если стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке определяют во время испытания на несоответствие (проверки адекватности линейной модели калибровки), то необходимо использовать сертифицированный стандартный образец газовой смеси, применяемой в ходе испытаний с нулевой концентрацией SO_2.

Показания АИС в нулевой точке должны быть сняты либо после измерений сертифицированного стандартного образца, выдержки в течение времени независимого показания и подачи нулевого газа, либо после измерений отходящего газа и последующих многократных (не менее 10 раз) измерений нулевого газа.



C_i — значение измеряемой величины в стандартном материале i; Y_i — выходной сигнал, полученный путем измерения измеряемой величины в стандартном материале i; t_{lag} — время задержки; t_{rise} — время нарастания; t_{fall} — время падения; t_{resp} — время отклика сигнала

Рисунок D.1 — Схема временны́х характеристик автоматической измерительной системы [изменение выходного сигнала Y (выход) после изменения опорного значения C (вход) как функция времени t]

Полученные измеренные значения используют для определения стандартного отклонения воспроизводимости s_r в нулевой точке по формуле

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}, \qquad \text{(D.1)}$$

где x_i — i-е измеренное значение;

$\bar{x}$ — среднее из измеренных значений x_i;

n — количество измерений.

Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке должно соответствовать критерию соответствия требованиям, указанному в таблице 1.

D.3.3 Стандартное отклонение воспроизводимости в контрольной точке диапазона (лабораторная проверка)

Стандартное отклонение воспроизводимости в контрольной точке диапазона должно определяться путем применения газа для проверки контрольной точки диапазона измерений (*см. Е.4*). Газ должен подаваться на вход пробы газа анализатора. Если стандартное отклонение воспроизводимости в контрольной точке диапазона определяют во время испытания на несоответствие (проверки адекватности линейной модели калибровки), то необходимо использовать сертифицированный стандартный образец газовой смеси, применяемой в ходе испытаний с наивысшим значением концентрации SO_2.

Измеренные значения АИС в контрольной точке должны быть определены путем подачи газа для проверки контрольной точки диапазона измерений выдержки в течение времени независимого показания, снятия текущего

показания и повторения этих действий до тех пор, пока не будет получено не менее 10 независимых показаний газа для проверки контрольной точки. Полученные измеренные сигналы используются для определения стандартного отклонения воспроизводимости в контрольной точке диапазона с использованием формулы (D.1).

Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона должно соответствовать критериям, указанным в таблице 1.

D.4 Несоответствие (линейность)

Тест на несоответствие следует проводить в лаборатории путем использования нулевого газа и не менее четырех газовых смесей с концентрациями SO_2, равномерно распределенными в выбранном диапазоне измерений, полученных на основе газовых смесей для *процедур ОК/КК*. Различные концентрации SO_2 в газовых смесях могут быть получены с помощью системы разбавления.

Испытательные газы следует подавать в порядке, позволяющем избежать эффектов гистерезиса.

Выполняют измерения испытательных газов с возрастанием значения концентрации определяемого компонента c_i не менее трех раз, каждое из которых усредняется за одно время отклика.

Отклонение e_i (несоответствие) определяют на основе линейной регрессии (см. [*2*]). В этой процедуре линию регрессии устанавливают между показаниями прибора АИС (значения *x*) и значениями испытательного газа (значения *c*). На следующем этапе вычисляют среднее значение $\bar{x}_i$ показаний АИС для каждого значения концентрации. Затем отклонение (несоответствие) среднего значения до соответствующего значения $\dot{x}_i$, оцененное по линии регрессии, вычисляют по формуле

$$e_i = \left| \dot{x}_i - \bar{x}_i \right|. \quad \text{(D.2)}$$

Отклонения e_i при каждой концентрации испытательного газа должны соответствовать критерию эффективности, указанному в таблице 1. Если критерии соответствия требованиям не выполняются, отклик прибора следует корректировать до тех пор, пока они не будут выполнены.

D.5 Дрейф нулевой точки и точки диапазона для проверки производительности

Дрейф нулевой точки и точки диапазона оценивают путем применения не менее 10 последовательных измерений нуля и точек диапазона, равномерно распределенных в течение 24 ч, и расчета для каждой концентрации наклона линейной регрессии с учетом [*2*].

Нулевой газ и газовую смесь следует подавать в АИС в начале испытания, а затем повторно подавать в течение 24-часового периода, как описано выше, и отклонения должны соответствовать критерию эксплуатационных характеристик, указанному в таблице 1.

D.6 Дрейф нулевой точки и точки диапазона для периодических испытаний

Регулировку прибора с помощью нулевого газа и газовой смеси следует проводить не реже одного раза в период автономной работы. Испытания приборов для периодических измерений следует проводить в начале каждой серии измерений.

Нулевой газ и газовая смесь должны использоваться при тех же условиях потока и давления, что и для условий измерения. Для нулевого газа и газовой смеси следует использовать порт отбора пробы прибора или процедуру в соответствии с инструкциями производителя. Отклонения между измеренными значениями в нулевой точке и в точке диапазона и номинальными значениями должны соответствовать критерию рабочих характеристик, указанному в таблице 1.

D.7 Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном изготовителем

Испытательная лаборатория должна определить, как на значения нуля и диапазона АИС влияют изменения температуры окружающей среды, используя климатическую камеру, которая может контролировать температуру окружающей среды от *253,15* до *323,15 К* в пределах ±1,0 К.

В случае установки АИС на открытом воздухе в климатической камере должны быть установлены следующие температуры в заданном порядке последовательности:

293,15 К → 273,15 К → 253,15 К → 293,15 К → 323,15 К → 293,15 К.

В случае установки АИС в местах с регулируемой температурой, следующие температуры должны быть установлены в заданном порядке последовательности:

293,15 К → 278,15 К → 293,15 К → 313,15 К → 293,15 К.

После достаточного периода времени выхода на режим измеренные сигналы АИС в нулевой точке и в точках диапазона должны быть определены при каждом значении температуры путем выдерживания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем записи трех последовательных индивидуальных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

Испытательная лаборатория должна выждать не менее 6 ч между каждым изменением температуры в климатической камере, чтобы позволить АИС выйти на режим, прежде чем снимать дальнейшие показания.

В качестве альтернативы испытательная лаборатория может контролировать показания АИС после каждого изменения температуры. Если прибор стабилизируется менее чем за 6 ч, испытательная лаборатория может сократить время выхода на режим. Однако испытательная лаборатория должна регистрировать объективные и поддающиеся проверке свидетельства, подтверждающие это.

АИС должен оставаться включенным при изменении температуры окружающей среды в климатической камере.

Должны быть определены отклонения между средним показанием при каждой температуре и средним показанием при *293,15 К*. Отклонения должны соответствовать применимым критериям эффективности, указанным в таблице 1 (см. раздел 7) для всех температур. Испытание следует повторить три раза в нулевой точке и три раза в точке диапазона. Если АИС соответствует критерию эффективности в два раза или более для первого испытания, то любые последующие повторения (из трех) могут быть пропущены.

Следует указывать отдельные показания, средние значения и отклонения при каждом значении температуры, а также максимальное отклонение в нулевой точке и в точке диапазона.

D.8 Чувствительность к давлению измеряемого газа при его изменении на 3 кПа

Испытательная лаборатория должна определить влияние колебаний давления газа пробы на реакцию АИС. Проба должна содержать измеряемый компонент (SO_2) в концентрации от 70 % до 80 % верхнего предела диапазона измерения, разбавленный в азоте.

Примечание — Влияние давления газа для отбора пробы, как правило, применимо к АИС *in situ*, поскольку газ для отбора пробы кондиционируется и, как правило, не подвергается значительным колебаниям температуры и давления в анализаторе.

Для оценки чувствительности АИС *in situ* к давлению газа, как правило, используется терморегулируемая ячейка (в большинстве случаев со стандартной длиной оптического пути 1 м), которая продувается нулевым или контрольным газом, а давление газа в ячейке может быть изменено с помощью подключенного насоса.

Измеряют выходной сигнал АИС, когда давление газа пробы:

- равняется атмосферному давлению окружающей среды,
- примерно на 3 кПа выше атмосферного давления в пределах ±0,2 кПа, и
- примерно на 3 кПа ниже атмосферного давления в пределах ±0,2 кПа.

В течение периода измерения температура должна поддерживаться стабильной с точностью ±1 К.

Измеренные сигналы АИС должны определять при каждом значении давления путем выдерживания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем записи трех последовательных индивидуальных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

Определяют отклонения между средним показанием при каждом значении давления и средними показаниями при атмосферном давлении окружающей среды. Отклонения должны соответствовать применимым критериям эффективности, указанным в таблице 1.

Следует указывать отдельные показания, средние значения и отклонения при каждом давлении, а также максимальное отклонение.

D.9 Влияние расхода пробы газа на экстрактивную АИС

Первоначально АИС должна работать с расходом, указанным изготовителем. Затем он должен быть изменен на самый низкий расход, указанный изготовителем.

Примечание — Влияние потока анализируемого газа, как правило, относится к экстрактивному АИС, поскольку на АИС *in situ* скорость потока в основном не влияет.

Руководством по эксплуатации допускаются только незначительные допуски.

Измеренные сигналы АИС в нулевой точке и в контрольной точке диапазона должны быть определены для обоих значений расхода путем выдержки времени, эквивалентного одному независимому показанию, и последующей записи трех последовательных отдельных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

Должно быть определено отклонение между средними показаниями при обоих значениях расхода. Отклонение должно соответствовать применимым критериям эффективности, указанным в таблице 1.

Испытание следует повторить три раза в нулевой точке и три раза в точке диапазона. Если АИС соответствует критерию эффективности в два раза или более при первом испытании, то любые последующие повторения (из трех) могут быть пропущены.

Следует указывать отдельные показания, средние значения и отклонения, а также максимальное отклонение.

В это время должна быть проверена работа любого сигнала состояния неисправности в отношении расхода.

D.10 Чувствительность к электрическому напряжению

Электрическое напряжение АИС должно изменяться с помощью изолирующего трансформатора с шагом 5 % от номинального напряжения питания до как минимум верхнего и нижнего пределов, указанных изготовителем. Измеренные сигналы АИС в нулевой точке и в точке диапазона должны определяться при каждом значении напряжения путем выдерживания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем записи трех последовательных индивидуальных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

После изменений напряжения АИС может потребоваться время для стабилизации. Должны быть определены отклонения между средним показанием при каждом значении напряжения и средним показанием при номинальном напряжении питания.

Отклонения должны соответствовать применимым критериям эффективности, указанным в таблице 1 для всех значений напряжения. Это испытание следует повторить три раза в нулевой точке и три раза в точке диапазона. Если АИС соответствует критерию эффективности в два раза или более при первом испытании, то любые последующие повторения (из трех) могут быть пропущены.

Следует указывать отдельные показания, средние значения и отклонения при каждом значении напряжения, а также максимальное отклонение в нулевой точке и в точке диапазона.

D.11 Перекрестная чувствительность

Влияние потенциально мешающих веществ, также присутствующих в отходящем газе, должно определяться путем подачи смесей испытательного газа на вход АИС (перед охладителем испытательного газа, если он имеется). Газовые смеси должны производиться с помощью системы смешения, в которой к газам добавляется мешающее вещество для нулевой точки и точки диапазона. Система смешивания должна соответствовать национальным стандартам и иметь максимальную расширенную неопределенность 1 %. *В сфере госрегулирования должны использоваться стандартные образцы утвержденного типа, внесенные в ФИФ по ОЕИ и имеющие прослеживаемость к государственным первичным эталонам* [*8*].

Мешающие вещества и их концентрации определяются в зависимости от принципа измерения и предполагаемой цели измерения. Исследуют мешающие вещества, перечисленные в таблице D.1. Мешающее влияние рассматривается в индивидуальном порядке.

Испытательный газ должен подаваться без мешающих веществ, а затем с ними. Измеренные сигналы АИС должны быть определены для каждого испытательного газа путем выдерживания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем записи трех последовательных индивидуальных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

Отклонения между средним показанием с учетом и средним показанием без учета мешающих веществ, присутствующих в нулевой точке и точке диапазона, должны определяться для каждого источника мешающих веществ.

Все положительные отклонения выше 0,5 % от концентрации контрольного газа должны быть суммированы, а все отрицательные отклонения ниже 0,5 % от концентрации контрольного газа должны быть суммированы как в нулевой, так и в контрольной точках. Максимальное значение четырех сумм должно соответствовать критериям эффективности, указанным в таблице 1.

Следует указывать отдельные показания, средние значения и отклонения в нулевой точке и точке диапазона и для всех источников мешающих веществ, а также максимальное отклонение.

Таблица D.1 — Концентрации мешающих веществ, используемых во время испытаний на перекрестную чувствительность

Мешающее вещество	Массовая или объемная концентрация	
	Значение	Ед. изм.
O_2	3[1)] и 21	%
H_2O	30	%
CO	300	мг/м^3
CO_2	15	%
CH_4	50	мг/м^3
N_2O	20	мг/м^3
N_2O (сжигание)	100	мг/м^3
NH_3	20	мг/м^3
NO	300	мг/м^3
NO_2	30	мг/м^3
HCl	50	мг/м^3
HCl (угольные электростанции)	200	мг/м^3
[1)] Вместо испытания без мешающих веществ проводят испытание с концентрацией кислорода 3 %.		

D.12 Проверка потерь в пробоотборной линии и системе кондиционирования

Потери в пробоотборной линии и системе кондиционирования должны быть проверены путем подачи нулевого газа и газовой смеси в газоанализатор через систему отбора проб как можно ближе к соплу (перед фильтром, если возможно), а затем непосредственно к газоанализатору. Испытательный газ должен иметь концентрацию SO_2 примерно 70 % — 80 % от диапазона измерения. Возможные примеси во всей системе могут привести к эффекту памяти из-за адсорбции или десорбции на поверхности или с поверхности. Система должна соответствовать критериям эффективности, указанным в таблице 1.

D.13 Проверка утечки в линии отбора проб и системе кондиционирования

Система отбора проб должна быть проверена на герметичность. Процедура проверки на герметичность включает в себя следующие этапы:

- собирают всю систему отбора проб, включая заправку корпуса фильтра и поглотителей;
- прогревают пробоотборник до рабочей температуры;
- закрывают входное отверстие форсунки;
- закрывают форсунку и включают насос(ы);
- после достижения минимального давления следят, остается ли показание расходомера близким к нулю.

D.14 Отклонение измерительного луча поперечного сечения *in situ* АИС

Испытательная лаборатория должна постепенно и точно отклонять узлы передатчика и приемника АИС в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а затем записывать измеренные сигналы с использованием стандартных образцов.

Примечания

1 Испытание, как правило, применяется к оптическим методам кросс-суммирования *in situ*. Испытание также применимо к экстрактивному АИС с отдельными узлами передатчика и приемника. Экстрактивные системы, использующие анализатор *in situ*, должны быть надежно закреплены на оптической установке и, следовательно, не подлежат этому испытанию.

2 Для этого испытания требуются калибровочные стандарты (например, эталонные фильтры) и оптический стенд.

3 Как правило, испытание следует проводить при максимальной практической длине пути.

Отклонения должны выполняться как для положения нулевой точки, так и для точки диапазона приблизительно от 70 % до 90 % выходного диапазона на двух типичных длинах пути измерения. Выполняют отклонения передатчика и записывают данные. Затем сбрасывают положение выполняют отклонение приемника и записывают изменение. Эти процессы повторяют.

Диапазон отклонения должен быть как минимум в два раза больше угла, указанного изготовителем. Он также должен быть проверен до предела прогиба, допускаемого узлами, при необходимости — с большим шагом.

Должна быть исследована эффективность любых средств ручной оптической настройки. Процессы автоматической настройки должны быть активированы и включены в испытание.

Измеренные сигналы, полученные на различных этапах испытаний, должны быть включены в отчет об испытаниях в табличной форме. Эти измеренные сигналы должны быть связаны с углами отклонения.

Должны быть указаны максимально допустимые углы отклонения, в пределах которых АИС удовлетворяет критерию эффективности. В случае автоматической юстировки АИС необходимо описать и подтвердить порядок работы с помощью результатов испытаний.

Приложение *Е*
(обязательное)

Рабочие газы

Е.1 **Общие положения**

При использовании настоящего стандарта требуется применение рабочих газов.

Е.2 **Нулевой газ**

Нулевой газ не должен содержать соединений, влияющих на эффективность измерения приборов. Для всех анализаторов следует использовать чистый азот (марка 5,0, с содержанием примесей измеряемых компонентов ниже аналитического предела обнаружения), очищенный атмосферный воздух или другие смеси O_2 и N_2.

Концентрация интересующих веществ в нулевом газе не должна превышать 1,0 % используемого диапазона измерения.

Е.3 **Газовые смеси для процедур ОК/КК**

В качестве газовых смесей для процедур ОК/КК используются сертифицированные стандартные образцы — газовые смеси в баллонах под давлением, содержащими SO_2 в чистом азоте или воздухе. Смеси должны иметь известную концентрацию SO_2, прослеживаемую к эталону, с максимально допустимой расширенной неопределенностью 2,0 % от номинального значения концентрации.

Е.4 **Газ для проверки контрольной точки диапазона измерений** ***(см. 3.17)***

В качестве газа для проверки контрольной точки диапазона измерения используется газовая смесь для процедур ОК/КК с известной концентрацией SO_2, которая должна составлять от 70 % до 90 % верхнего предела выбранного диапазона измерений.

Приложение F
(справочное)

Расчет неопределенности измерения SO_2

F.1 Общие положения

Формулы в данном разделе, а также расчеты составляющих неопределенностей связаны со значениями, измеренными анализатором и выраженными в мг/м^3 (SO_2). *Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения SO_2 приведены в таблицах F.1—F.5.* Объяснение и процедуры расчета стандартной неопределенности, связанной с измерением, приведены в [4].

F.2 Результаты расчета неопределенности

Количественная оценка влияния выбранных эксплуатационных характеристик как стандартная составляющая неопределенности рассчитывается в соответствии с *ГОСТ Р ИСО 14956*.

Общая стандартная неопределенность $u(\gamma_{SO_2})$ и расширенная неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитываются по формулам:

$$u\left(\gamma_{SO_2}\right) = \sqrt{u_{r,0}^2 + u_{r,s}^2 + u_{lof}^2 + u_{d,0}^2 + u_{d,s}^2 + u_{inf,T}^2 + u_{inf,p}^2 + u^2{}_{inf,f} + u_{inf,V}^2 + u_{i,nS0_2}^2 + u_{mb}^2}, \quad \text{(F.1)}$$

$$U(\gamma_{SO_2}) = k \cdot u(\gamma_{SO_2}) = 1{,}96u(\gamma_{SO_2}), \quad \text{(F.2)}$$

где k — коэффициент охвата, равный 1,96.

Таблица F.1 — Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения SO_2 с использованием методов НДИР

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Холодная экстракция		
		НДИР-1	НДИР-2	НДИР-3
Типичный самый низкий диапазон	—	75 мг/м^3	100 мг/м^3	75 мг/м^3
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	$u_{r,0}$	0,1 % · 75 = 0,08	0,54 % · 100 = 0,54	0,0 % · 75 = 0,0
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	$u_{r,s}$	0,2 % · 75 = 0,15	1,6 % · 100 = 1,6	0,0 % · 75 = 0,0
Несоответствие	u_{lof}	$\frac{0{,}8\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0{,}35$	$\frac{0{,}88\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0{,}51$	$\frac{0{,}62\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0{,}27$
Дрейф нулевой точки на период автономной работы	$u_{d,0}$	$\frac{-1{,}44\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0{,}62$	$\frac{1{,}7\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0{,}98$	$\frac{0{,}37\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0{,}16$
Дрейф точки диапазона на период автономной работы	$u_{d,s}$	$\frac{1{,}81\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0{,}78$	$\frac{2{,}1\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 1{,}2$	$\frac{2{,}4\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 1{,}0$
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К	$u_{inf,T}$	$\frac{-2{,}0\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0{,}87$	$\frac{2{,}2\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 1{,}3$	$\frac{2{,}0\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0{,}87$
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	$u_{inf,p}$	—	—	—
Чувствительность к расходу анализируемого газа для экстрактивных АИС	$u_{inf,f}$	$\frac{0{,}10\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 00{,}04$	$\frac{0{,}8\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0{,}46$	$\frac{-0{,}98\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0{,}42$
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне ниже минус 15 % или выше плюс 10 % номинального напряжения, указанного производителем	$u_{inf,V}$	$\frac{-1{,}0\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0{,}43$	$\frac{0{,}67\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0{,}39$	$\frac{0{,}16\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0{,}07$

Окончание таблицы F.1

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Холодная экстракция		
		НДИР-1	НДИР-2	НДИР-3
Перекрестная чувствительность	$u_{i,\,SO_2}$	$\frac{3,73\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 1,6$	$\frac{3,3\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 1,9$	$\frac{1,2\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,52$
Перемещение измерительного луча в in situ АИС	u_{mb}	—	—	—

F.2.1 НДИР типа АИС

F.2.1.1 НДИР-1

Суммарную неопределенность $u(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают с использованием формулы (F.1) и значения каждой частной стандартной неопределенности, приведенной в таблице F.1 в качестве примера:

$$u\left(\gamma_{SO_2}\right) = \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,35^2 + 0,62^2 + 0,78^2 + 0,87^2 + 0,04^2 + 0,43^2 + 1,6^2} = \sqrt{3,71} = 1,9 \text{ мг/м}^3.$$

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO2})$ рассчитывают как 1,96 · 1,9 = 3,7 мг/м^3 (5,0 % диапазона).

F.2.1.2 НДИР-2

На основании данных, перечисленных в таблице F.1, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 100 мг/м^3 оценивают в 3,35 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 6,6 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 6,6 %).

F.2.1.3 НДИР-3

На основании данных, перечисленных в таблице F.1, суммарная неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 75 мг/м^3 оценивают как 1,54 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 2,9 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 3,9 %).

Таблица F.2 — Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения SO_2 с использованием методов холодной и сухой экстракции НДУФ разбавленно-сухого ДЛС

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Холодная и сухая экстракция НДУФ	ДЛС
Типичный самый низкий диапазон	—	75 мг/м^3	78 мг/м^3
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	$u_{r,0}$	0,13 % · 75 = 0,10	0,0 · 78 = 0,0
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	$u_{r,s}$	0,26 % · 75 = 0,2	0,2 % · 78= 0,16
Несоответствие	u_{lof}	$\frac{-0,47\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,2$	$\frac{-0,97\ \% \cdot 78}{\sqrt{3}} = -0,44$
Дрейф нулевой точки на период автономной работы	$u_{d,0}$	$\frac{1,9\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,82$	$\frac{0,7\ \% \cdot 78}{\sqrt{3}} = 0,32$
Дрейф точки диапазона на период автономной работы	$u_{d,s}$	$\frac{1,9\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,82$	$\frac{2,4\ \% \cdot 78}{\sqrt{3}} = 1,1$
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К	$u_{inf,T}$	$\frac{-3,38\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -1,47$	$\frac{-1,7\ \% \cdot 78}{\sqrt{3}} = -0,77$
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	$u_{inf,p}$	—	—
Чувствительность к расходу анализируемого газа для экстрактивных АИС	$u_{inf,f}$	$\frac{-0,50\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,22$	$\frac{-1,0\ \% \cdot 78}{\sqrt{3}} = -0,45$

Окончание таблицы F.2

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Холодная и сухая экстракция НДУФ	ДЛС
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне ниже минус 15 % или выше плюс 10 % номинального напряжения, указанного производителем	$u_{inf,V}$	$\frac{-0,5\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,22$	$\frac{0,8\ \% \cdot 78}{\sqrt{3}} = 0,36$
Перекрестная чувствительность	$u_{i,\ SO_2}$	$\frac{-3,08\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -1,3$	$\frac{-1,67\ \% \cdot 78}{\sqrt{3}} = -0,75$
Перемещение измерительного луча в *in situ* АИС	u_{mb}	—	—

F.2.2 АИС типа НДУФ и ДЛС

F.2.2.1 АИС типа НДУФ

На основании данных, перечисленных в таблице F.2, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 75 мг/м^3 оценивают как 2,3 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 4,5 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 6,0 %).

F.2.2.2 АИС типа ДЛС

На основании данных, перечисленных в таблице F.2, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 78,0 мг/м^3 оценивают как 1,74 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 3,41 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 4,3 %).

Таблица F.3 — Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения SO_2 с использованием методов влажной экстракции (ИКПФ)

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Горячая влажная экстракция ИКПФ	
Типичный самый низкий диапазон	—	ИКПФ-1 75 мг/м^3	ИКПФ-2 75 мг/м^3
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	$u_{r,0}$	0,0 % · 75 = 0,0	0,01 % · 75 = 0,08
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	$u_{r,s}$	0,1 % · 75 = 0,08	0,5 % · 75 = 0,38
Несоответствие	u_{lof}	$\frac{-0,4\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,17$	$\frac{-0,48\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,21$
Дрейф нулевой точки на период автономной работы	$u_{d,0}$	$\frac{1,9\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,82$	$\frac{-0,8\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,35$
Дрейф точки диапазона на период автономной работы	$u_{d,s}$	$\frac{1,9\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,82$	$\frac{2,3\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 1,0$
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К	$u_{inf,T}$	$\frac{0,3\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,13$	$\frac{1,2\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,52$
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	$u_{inf,p}$	—	—
Чувствительность к расходу анализируемого газа для экстрактивных АИС	$u_{inf,f}$	$\frac{0,50\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,22$	$\frac{-1,5\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,65$
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне ниже минус 15 % или выше плюс 10 % номинального напряжения, указанного производителем	$u_{inf,V}$	$\frac{1,8\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,78$	$\frac{0,3\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,13$

Окончание таблицы F.3

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Горячая влажная экстракция ИКПФ	
Перекрестная чувствительность	$u_{i,\ SO_2}$	$\frac{2,6\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 1,1$	$\frac{3,88\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 1,7$
Перемещение измерительного луча в *in situ* АИС	u_{mb}	—	—

F.2.3 АИС типа ИКПФ

F.2.3.1 ИКПФ-1

На основании данных, перечисленных в таблице F.3, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 75 мг/м^3 оценивают как 1,8 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 3,5 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 4,7 %).

F.2.3.2 ИКПФ -2

На основании данных, перечисленных в таблице F.3, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 75 мг/м^{3}оценивают как 2,2 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 4,4 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 5,8 %).

Таблица F.4 — Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения SO_2 с использованием методов *in situ* (ИК и УФ)

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	*in situ*	
		ИК	УФ
Типичный самый низкий диапазон	—	300 мг/м^3	75 мг/м^3
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	$u_{r,0}$	0,4 % · 300 = 1,2	0,1 % · 75 = 0,08
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	$u_{r,s}$	0,3 % · 300 = 0,9	0,1 % · 75= 0,08
Несоответствие	u_{lof}	$\frac{0,4\ \% \cdot 300}{\sqrt{3}} = 0,69$	$\frac{0,63\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,27$
Дрейф нулевой точки на период автономной работы	$u_{d,0}$	$\frac{3,0\ \% \cdot 300}{\sqrt{3}} = 5,2$	$\frac{0,3\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,13$
Дрейф точки диапазона на период автономной работы	$u_{d,s}$	$\frac{3,0\ \% \cdot 300}{\sqrt{3}} = 5,2$	$\frac{2,0\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,87$
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20К	$u_{inf,T}$	$\frac{3,8\ \% \cdot 300}{\sqrt{3}} = 6,6$	$\frac{0,5\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,22$
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	$u_{inf,p}$	$\frac{0,7\ \% \cdot 300}{\sqrt{3}} = 1,2$	$\frac{0,49\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,21$
Чувствительность к расходу анализируемого газа для экстрактивных АИС	$u_{inf,f}$	—	—
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне ниже минус 15 % или выше плюс 10 % номинального напряжения, указанного производителем	$u_{inf,V}$	$\frac{1,0\ \% \cdot 300}{\sqrt{3}} = 1,7$	$\frac{0,20\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,09$
Влияние вибрации	u_{vib}	$\frac{1,8\ \% \cdot 300}{\sqrt{3}} = 3,1$	$\frac{0,9\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,39$

Окончание таблицы F.4

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	*in situ*	
		ИК	УФ
Перекрестная чувствительность	$u_{i,\ SO_2}$	$\frac{-3,4\ \% \cdot 300}{\sqrt{3}} = -5,9$	$\frac{-1,96\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,85$
Перемещение измерительного луча в *in situ* АИС	u_{mb}	$\frac{-1,0\ \% \cdot 300}{\sqrt{3}} = -1,7$	$\frac{-0,64\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,28$

F.2.4 *in situ* АИС

F.2.4.1 ИК поперечный луч

На основании данных, перечисленных в таблице F.4, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 300 мг/м^3 оценивают как 12,3 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 24,1 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 8,8 %).

F.2.4.1 ИК точки диапазона

На основании данных, перечисленных в таблице F.4, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 75 мг/м^3 оценивают как 1,35 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 2,6 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 3,5 %).

Таблица F.5 — Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения SO_2 с использованием методов ДОАС

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	*in situ*	
		ДОАС перекрестный луч	ДОАС точки диапазона
Типичный самый низкий диапазон	—	75 мг/м^3	75 мг/м^3
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	$u_{r,0}$	0,26 % · 75 = 0,20	0,38 % · 75 = 0,29
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	$u_{r,s}$	0,41 % · 75 = 0,31	1,11 % · 75 = 0,83
Несоответствие	u_{lof}	$\frac{0,6\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,26$	$\frac{0,8\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,35$
Дрейф нулевой точки на период автономной работы	$u_{d,0}$	$\frac{0,6\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,26$	$\frac{1,4\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,61$
Дрейф точки диапазона на период автономной работы	$u_{d,s}$	$\frac{-1,8\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,78$	$\frac{-1,9\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,82$
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К	$u_{inf,T}$	$\frac{0,6\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,26$	$\frac{0,5\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,22$
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	$u_{inf,p}$	$\frac{0,8\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,35$	$\frac{0,8\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,35$
Чувствительность к расходу анализируемого газа для экстрактивных АИС	$u_{inf,f}$	—	—
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне ниже минус 15 % или выше плюс 10 % номинального напряжения, указанного производителем	$u_{inf,V}$	$\frac{0,7\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,3$	$\frac{0,7\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,3$
Влияние вибрации	u_{vib}	$\frac{-0,9\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -0,39$	$\frac{0,4\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,17$

Окончание таблицы F.5

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	*in situ*	
		ДОАС перекрестный луч	ДОАС точки диапазона
Перекрестная чувствительность	$u_{i,\,SO_2}$	$\frac{3,6\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 1,56$	$\frac{-3,4\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = -1,47$
Перемещение измерительного луча в *in situ* АИС	u_{mb}	$\frac{1,7\ \% \cdot 75}{\sqrt{3}} = 0,74$	—

F.2.5 *in situ* АИС типа ДОАС

F.2.5.1 ДОАС поперечный луч

На основании данных, перечисленных в таблице F.5, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 75 мг/м^3 оценивают как 2,1 мг/м^3 (2,8 % диапазона).

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 3,7 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 5,3 %).

F.2.5.2 ДОАС точки диапазона

На основании данных, перечисленных в таблице F.5, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 75 мг/м^3 оценивают как 4,1 мг/м^3 (5,5 % диапазона).

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{SO_2})$ рассчитывают как 3,4 мг/м^3 (относительная расширенная неопределенность 4,8 %).

Приложение ДА
(справочное)

Перечень технических отклонений, внесенных в содержание национального стандарта при его модификации по отношению к примененному международному стандарту

Таблица ДА.1

Структурный элемент настоящего стандарта	Технические отклонения и причины их внесения
Раздел 1	Добавлен дополнительный абзац, для исключения возможного конфликта с действующими нормативно-техническими и нормативно-правовыми документами в области контроля выбросов с помощью АИС
Раздел 3	Добавлен термин 3.4 для дополнительного разъяснения терминологии
	Нумерация терминов изменена, в связи с введением дополнительного термина
Раздел 5	Исключено последнее предложение, в предыдущее предложение внесено уточнение
	В шестой абзац внесено уточняющее пояснение со ссылкой на ГОСТ Р ЕН 15259—2015 для уточнения требований по установке АИС
6.1	В последний абзац внесено дополненное разъяснение по тексту стандарта
Приложение А	Изменен порядок приложений. Приложения расположены в порядке ссылок на них в тексте стандарта. В примененном международном стандарте данное приложение обозначено как «Приложение Е»
Приложение В	Изменен порядок приложений. Приложения расположены в порядке ссылок на них в тексте стандарта. В примененном международном стандарте данное приложение обозначено как «Приложение А»
Приложение С	Изменен порядок приложений. Приложения расположены в порядке ссылок на них в тексте стандарта. В примененном международном стандарте данное приложение обозначено как «Приложение В»
Приложение Е	Изменен порядок приложений. Приложения расположены в порядке ссылок на них в тексте стандарта. В примененном международном стандарте данное приложение обозначено как «Приложение С»
Примечание — Остальные положения настоящего стандарта идентичны положениям международного стандарта ИСО 7935:2024.	

Приложение ДБ
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДБ.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р ИСО 14956—2007	IDT	ISO 14956:2002 «Качество воздуха. Оценка применимости методики выполнения измерений на основе степени ее соответствия требованиям к неопределенности измерения»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта: - IDT — идентичный стандарт.		

Библиография

[1] ИСО 12039:2019 — Выбросы стационарных источников. Определение содержания монооксида углерода и кислорода в топочном газе. Рабочие характеристики автоматических измерительных систем (Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen in flue gas — Performance characteristics of automated measuring systems)

[2] ИСО 9169:2006 — Качество воздуха. Определение характеристик методик выполнения измерений (Air quality — Definition and determination of performance characteristics of an automatic measuring system)

[3] Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 — Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (GUM:1995) [Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)]

[4] ИСО 20988 — Качество воздуха. Руководящие указания по оцениванию погрешности измерения (Air quality — Guidelines for estimating measurement uncertainty)

[5] *Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»*

[6] *Постановление Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений»*

[7] Jahnke James A. Continuous Emissions Monitoring, 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 2000

[8] *Приказ Минпромторга России от 28 августа 2020 г. № 2905 «Об утверждении порядка проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа, порядка утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, внесения изменений в сведения о них, порядка выдачи сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, формы сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, требований к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения»*

УДК 504.3:006.354 ОКС 13.040.40

Ключевые слова: выбросы стационарных источников, отходящие газы, оксид серы, автоматическая измерительная система

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

Сдано в набор 12.02.2026. Подписано в печать 06.03.2026. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,14.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru