ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 52350.29.2— 2010 (МЭК 60079-29-2:2007)

ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ

Часть 29-2

Газоанализаторы Требования к выбору, монтажу, применению и техническому обслуживанию газоанализаторов горючих газов и кислорода

IEC 60079-29-2:2007
Explosive atmospheres — Part 29-2:Gas detectors — Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen
(MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН ФГУП СПО «Аналитприбор» на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 403 «Оборудование для взрывоопасных сред (Ех-оборудование)»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 сентября 2010 г. № 290-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 60079-29-2:2007 «Взрывоопасные среды. Часть 29-2. Газоанализаторы. Выбор, установка, применение и техническое обслуживание газоанализаторов горючих газов и кислорода» (IEC 60079-29-2:2007 «Explosive atmospheres — Part 29-2: Gas detectors — Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen») путем внесения технических отклонений, объяснение которых изложено во введении к настоящему стандарту

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2011

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 . . . 2
3 Термины и определения . . . 2
4 Основная информация о свойствах, характеристиках и возможности определения газов и паров . . 6
4.1 Определение газов и паров, общие положения . . . 6
4.2 Некоторые общие свойства газов и паров . . . 8
4.3 Отличительные особенности определения газов и паров . . . 8
4.4 Недостаток кислорода . . . 12
5 Принципы измерения . . . 14
5.1 Термокаталитические датчики . . . 14
5.2 Термокондуктометрические датчики . . . 17
5.3 Инфракрасные датчики . . . 18
5.4 Полупроводниковые датчики . . . 19
5.5 Электрохимические датчики . . . 20
5.6 Пламенно-ионизационные датчики . . . 21
5.7 Анализаторы температуры пламени . . . 22
5.8 Фотоионизационные датчики . . . 22
5.9 Парамагнитные датчики кислорода . . . 23
6 Выбор газоаналитического оборудования . . . 24
6.1 Общие сведения . . . 24
6.2 Критерии выбора . . . 25
6.3 Прочие факторы, влияющие на выбор газоанализаторов . . . 28
7 Характеристики газовых утечек . . . 29
7.1 Природа утечки . . . 29
7.2 Здания и огороженные площадки . . . 31
7.3 Непроветриваемые здания и огороженные площадки . . . 31
7.4 Проветриваемые здания и огороженные площадки . . . 31
7.5 Естественная вентиляция . . . 31
8 Проектирование и установка стационарных газоаналитических систем . . . 32
8.1 Основные рекомендации по установке стационарных систем . . . 32
8.2 Расположение точек контроля . . . 33
8.3 Доступ для градуировки и технического обслуживания . . . 36
8.4 Дополнительные рекомендации для пробоотборных линий . . . 36
8.5 Обобщение рекомендаций для выбора мест установки датчиков или точек отбора пробы . . . 37
8.6 Монтаж выносных датчиков . . . 37
8.7 Поддержание достигнутого уровня безопасности . . . 38
8.8 Выбор времени для монтажа датчиков во время производства строительных работ . . . 39
8.9 Ввод в эксплуатацию . . . 39
8.10 Руководства по эксплуатации, схемы и протоколы . . . 39
9 Использование переносных и передвижных газоанализаторов . . . 40
9.1 Общие положения . . . 40
9.2 Порядок проведения первичной и периодической проверки переносных и передвижных газоанализаторов . . . 41
9.3 Рекомендации по применению переносных и передвижных газоанализаторов . . . 44
10 Обучение технического персонала . . . 46
10.1 Общие положения . . . 46
10.2 Общая подготовка. Основные ограничения и безопасность . . . 46
10.3 Подготовка пользователей (операторов) . . . 47
10.4 Подготовка специалистов по техническому обслуживанию . . . 47
11 Техническое обслуживание — плановые мероприятия и общее административное руководство . . 47
11.1 Общие положения . . . 47
11.2 Регламентные проверки . . . 49
11.3 Техническое обслуживание . . . 50

11.4 Датчики . . . 51
11.5 Устройства отбора пробы . . . 51
11.6 Отсчетные устройства . . . 52
11.7 Аварийная сигнализация . . . 52
11.8 Градуировка в лабораторных условиях и контрольно-измерительные приборы . . . 52
Приложение А (обязательное) Принципы измерения . . . 55
Приложение В (справочное) Характеристики окружающей среды . . . 69
Приложение С (справочное) Типовая форма опросного листа по условиям эксплуатации и техническим требованиям к газоанализаторам горючих газов . . . 70
Приложение D (справочное) Типовая форма протокола проведения технического обслуживания газоанализаторов горючих газов . . . 72
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте . . . 73

Введение

Газоанализаторы горючих газов предназначены для использования в ситуациях, когда существует риск для жизни или собственности, вызванный возможным скоплением горючей газовоздушной смеси. Газоанализаторы горючих газов дают возможность снизить риск путем обнаружения горючего газа и выдачи соответствующего звукового или светового предупреждающего сигнала. Они также могут применяться для инициирования мер предупреждения аварии, таких, как остановка работ на предприятии, эвакуация персонала и действия по предотвращению пожара.

Газоанализаторы могут быть использованы для определения объемной доли горючих газов, меньшей НКПР, в условиях, когда возможно увеличение содержания горючих газов до взрывоопасного уровня. Общие технические требования к газоанализаторам горючих газов установлены в *ГОСТ Р 52350.29.1*.

Однако одно лишь соответствие газоанализаторов заявленным техническим характеристикам не может послужить гарантией того, что их использование поможет должным образом защитить жизнь или собственность в местах, где возможно присутствие горючих газов. Надлежащий уровень безопасности зависит в значительной степени от правильного выбора газоанализатора, места его установки, методов градуировки и периодического обслуживания в сочетании со знаниями ограничений применяемого метода определения. Достигнуть этого возможно лишь при наличии ответственного, квалифицированного руководящего персонала.

Дополнительный риск для жизни представляет токсичность некоторых газов и паров всех жидкостей, кроме воды. Как правило, не учитывается, что все горючие пары токсичны при содержании их в воздухе, гораздо меньшем значений соответствующих НКПР. Газоанализаторы, на которые распространяется действие *ГОСТ Р 52350.29.1*, не предназначены специально для обнаружения токсичных веществ, и, как правило, требуются дополнительные меры предосторожности для защиты технического персонала при возможном их воздействии.

Переносные газоанализаторы, на которые распространяется действие настоящего стандарта и *ГОСТ Р 52350.29.1*, обычно снабжены дополнительными датчиками для обнаружения конкретных токсичных газов, а также для определения недостатка кислорода. Пользователи должны помнить, что даже незначительный недостаток кислорода может быть вызван присутствием другого газа или пара, обладающего токсическим действием, который не может быть определен вообще или не может быть достоверно определен применяемыми газоанализаторами.

Настоящий стандарт разработан специально для того, чтобы охватить все действия, требующиеся для успешного определения горючих газов, включая регулярное проведение технического обслуживания. Последующие разделы настоящего стандарта посвящены описанию этих действий. Каждый пункт составлен так, чтобы он мог использоваться самостоятельно. В связи с этим некоторые сведения повторяются в различных пунктах, но рассматриваются с разных сторон.

В таблице 1 приведены рекомендации по значимости содержания отдельных разделов для тех или иных видов деятельности.

В настоящий стандарт включены дополнительные по отношению к международному стандарту МЭК 60079-29-2:2007 требования, отражающие потребности национальной экономики Российской Федерации и особенности российской национальной стандартизации, выделенные полужирным курсивом:

- в раздел 2 добавлены ссылки на межгосударственные стандарты;
- введено примечание к 3.16, определяющее понятие поверочной газовой смеси;
- дополнено примечание к 4.1.1 ссылкой на межгосударственный стандарт;
- дополнены признаки отравления термохимических датчиков в 5.1.4;
- исключено примечание к 7.1.3, так как положения этого примечания относятся к продукции США и Германии, а текст этого примечания повторяет текст примечания к 4.2;
- введено примечание к 9.2.1 о допустимости использования бинарных газовых смесей для градуировки многокомпонентных газоанализаторов;
- изменено верхнее значение температуры хранения в отключенном состоянии в таблице В.1 приложения В с +60 °С на +50 °С, как отвечающее климатическим и географическим факторам Российской Федерации.

Таблица 1

Вид деятельности	Наименование/номер раздела										
	Термины и определения	Основная информация о свойствах, характеристиках и возможности определения газов и паров	Принципы измерения	Выбор газоаналитического оборудования	Характеристики газовых утечек	Проектирование и установка стационарных газоаналитических систем	Использование переносных и передвижных газоанализаторов	Обучение технического персонала	Техническое обслуживание — плановые мероприятия и общее административное руководство	Принципы измерения (обязательное)	Характеристики окружающей среды (справочное)
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Приложение А	Приложение В
Административное руководство	—	О	О	П	П	—	—	—	П	—	—
Общее руководство	П	О	О	П	П	—	—	П	П	—	П
Выбор газоанализаторов	О	О	П	О	О	П	Р	—	П	О	О
Разработка/ руководство	О	О	П	О	О	О	—	—	—	О	О
Монтаж/ руководство	О	О	П	Р	О	О	—	—	—	О	О
Монтаж/ технический персонал	Р	О	Р	Р	Р	Р	—	—	—	П	Р
Ввод в эксплуатацию	О	О	Р	П	Р	О	—	Р	П	—	—
Руководство действиями	Р	О	Р	П	П	Р	Р	О	О	П	О
Обучение	О	О	П	П	П	О	О	О	О	О	О
Обслуживание/ градуировка	О	О	—	—	—	Р	Р	П	О	Р	Р
Ремонт	Р	О	Р	—	—	П	П	П	О	Р	—

Примечания

1 Указана степень значимости глав для ознакомления: «О» — обязательно, «Р» — рекомендуется, «П» — полезно, «—» — не применяется.

2 Раздел 5 представляет собой упрощенный вариант приложения А.

В настоящем стандарте приведены рекомендации для установки сроков проведения технического обслуживания и периодической градуировки. Необходимо также учитывать действующие отраслевые нормы и правила, которые являются обязательным минимумом.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ

Часть 29-2

Требования к выбору, монтажу, применению и техническому обслуживанию газоанализаторов горючих газов и кислорода

Explosive atmospheres. Part 29-2. Gas detectors. Requirements for selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen

Дата введения — 2012 — 01 — 01

1 Область применения

Настоящий стандарт содержит указания и рекомендации для выбора, установки, безопасного использования и технического обслуживания электрического оборудования II группы — газоанализаторов, сигнализаторов и газоаналитических систем, соответствующих требованиям ***ГОСТ Р 52350.29.1***, используемых для обеспечения требований промышленной безопасности и предназначенных для обнаружения горючих газов и определения их содержания.

Настоящий стандарт распространяется также на газоанализаторы кислорода, применяемые в тех случаях, когда защита от взрыва обеспечивается предотвращением поступления кислорода, а не посредством определения содержания присутствующих горючих газов или паров.

Настоящий стандарт представляет собой собрание практических знаний, которые могут помочь пользователю. Он применяется к газоанализаторам, сигнализаторам, системам и вспомогательному оборудованию, которые обнаруживают и определяют содержание горючей или потенциально взрывоопасной смеси газа или пара с воздухом, преобразуя электрический сигнал от чувствительного элемента в показания индикатора, включение световой или звуковой сигнализации или исполнительного устройства, или их комбинации.

Газоанализаторы, сигнализаторы и системы могут быть использованы как средство снижения риска для жизни или собственности, возникающего вследствие скопления горючей газовоздушной смеси, посредством обеспечения своевременного предупреждения. Также они могут быть использованы для инициирования определенных мер предотвращения аварии (например, остановка производства, эвакуация персонала, предупреждение возгорания).

Настоящий стандарт распространяется на все вновь разработанные стационарные газоанализаторы, сигнализаторы и системы и в ряде случаев на уже существующие. Также он применим к газоанализаторам, сигнализаторам и системам, устанавливаемым для временного использования, — как к новым, так и к уже существующим.

В равной степени он распространяется на безопасное использование носимых (портативных), переносных и передвижных газоанализаторов и сигнализаторов независимо от их срока эксплуатации или сложности конструкции. Поскольку многие современные газоанализаторы и сигнализаторы указанных типов имеют в своем составе датчики для определения недостатка кислорода и (или) датчики некоторых токсичных газов, некоторые дополнительные указания приведены и для них.

Примечание — Газоанализаторы, сигнализаторы и газоаналитические системы при использовании в классифицированных взрывоопасных зонах следует устанавливать и использовать так, чтобы они сами не послужили источником воспламенения газовоздушной смеси, т.е. они должны соответствовать требованиям стандартов серий ***ГОСТ Р 51330, ГОСТ Р 52350*** и ***ГОСТ Р МЭК 60079.***

В настоящем стандарте термин «горючие газы» подразумевает также и горючие пары, если иное не оговорено особо.

Издание официальное

Настоящий стандарт применяют только к газоанализаторам, относящимся ко II группе электрооборудования, т.е. предназначенным для применения во взрывоопасных газовых средах, кроме шахт, опасных по рудничному газу, в соответствии с классификацией взрывоопасных зон, приведенной в ***ГОСТ Р МЭК 60079-10-1.***

В настоящем стандарте рассмотрены:

a) стационарные газоанализаторы, сигнализаторы и газоаналитические системы;

b) передвижные и переносные газоанализаторы и сигнализаторы;

c) портативные (носимые) газоанализаторы и сигнализаторы.

В дальнейшем в настоящем стандарте термин «газоанализатор» подразумевает также сигнализатор или газоаналитическую систему, если это не оговорено особо.

Настоящий стандарт не распространяется на нижеперечисленные газоанализаторы, но может содержать полезные сведения о них:

a) предназначенные для определения негорючих токсичных газов;

b) лабораторные и для научных исследований;

c) предназначенные для применения в шахтах (электрооборудование I группы);

d) предназначенные только для контроля технологических процессов;

e) предназначенные для применения в процессах переработки и производства взрывчатых веществ;

f) предназначенные для определения потенциально взрывоопасных сред, образовавшихся в результате проникновения пыли или тумана в воздух;

g) трассовые газоанализаторы.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 51330.19—99 (МЭК 60079-20—96) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 20. Данные по горючим газам и парам, относящиеся к эксплуатации электрооборудования

ГОСТ Р 52350.19—2007 (МЭК 60079-19:2006) Взрывоопасные среды. Часть 19. Ремонт, проверка и восстановление электрооборудования

ГОСТ Р 52350.29.1—2010 (МЭК 60079-29-1:2007) Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Общие технические требования и методы испытаний газоанализаторов горючих газов

ГОСТ Р МЭК 60050-426—2006 Международный электротехнический словарь. Часть 426. Электрооборудование для взрывоопасных сред

ГОСТ Р МЭК 60079-0—2007 Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования

ГОСТ Р МЭК 60079-10-1—2008 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды

ГОСТ 8.578—2008 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений содержания компонентов в газовых средах

ГОСТ 12.1.005—88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

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 ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины с соответствующими определениями, приведенные в ***ГОСТ Р МЭК 60050-426, ГОСТ Р МЭК 60079-0.*** Поскольку настоящий стандарт может быть применен самостоятельно, ряд определений, приведенных в ***ГОСТ Р 52350.29.1,*** в нем повторяются.

3.1 **порог аварийной сигнализации** (alarm set point): Фиксированное или регулируемое пороговое значение содержания определяемого компонента, при превышении которого (или при снижении относительно которого) срабатывает аварийная сигнализация (световая, звуковая или другая выходная функция).

3.2 **окружающий воздух** (ambient air): Атмосферный воздух в непосредственной близости от газоанализатора.

3.3 **газоанализатор с принудительной подачей пробы** (aspirated apparatus): Газоанализатор, в котором анализируемый газ подается из окружающей среды к датчику принудительно, например с помощью ручного или электрического насоса.

3.4 **термокаталитический датчик** (catalytic sensor): Датчик, принцип действия которого основан на каталитическом окислении газов на электрически нагреваемом элементе.

3.5 **чистый воздух** (clean air): Воздух, в котором отсутствуют горючие газы, а также влияющие и загрязняющие вещества.

3.6 **содержание** (concentration): Количество определяемого газа или пара в установленном количестве воздуха или другого газа, выраженное в соответствующих единицах измерения.

Примечание — Чаще всего встречаются следующие единицы измерения: объемная доля, % (см. 3.57); молярная доля, %; % НКПР (для конкретного вещества); миллионная доля (млн$^{-1}$); миллиардная доля (млрд$^{-1}$).

3.7 **газоанализатор непрерывного действия** (continuous duty apparatus): Газоанализатор, предназначенный для работы в течение продолжительного времени, при этом его первичные преобразователи могут работать как в непрерывном, так и в прерывистом режиме.

3.8 **непрерывное или квазинепрерывное определение** (continuous or quasi-continuous sensing): Режим работы, при котором непрерывно осуществляется электропитание первичного преобразователя, а показания считываются непрерывно или периодически через короткие интервалы времени.

3.9 **газоанализатор с диффузионной подачей газа** (diffusion apparatus): Газоанализатор, в котором подача газа из анализируемой среды в датчик осуществляется посредством случайного движения молекул, т.е. принудительная подача пробы отсутствует.

3.10 **доза** (dose): Общее количество поглощенного или захваченного вещества, пропорциональное его содержанию и продолжительности воздействия.

3.11 **дрейф показаний** (drift): Смещение показаний газоанализатора с течением времени при постоянной величине объемной доли газа (в том числе чистого воздуха) и неизменных условиях окружающей среды.

3.12 **электрохимический датчик** (electrochemical sensor): Датчик, принцип действия которого основан на изменении электрических параметров помещенных в электролит электродов, вызванном окислительно-восстановительными реакциями газа на поверхности электродов.

3.13 **взрывозащищенное электрооборудование** (explosion protected apparatus): Оборудование, имеющее виды защиты, предусмотренные стандартами серий ***ГОСТ Р 51330, ГОСТ Р 52350*** и ***ГОСТ Р МЭК 60079.***

3.14 **взрывоопасная газовая среда** (explosive gas atmosphere): Смесь с воздухом при атмосферных условиях горючих веществ в виде газа или пара, в которой после воспламенения происходит самоподдерживающееся распространение пламени.

Примечания

1 Данное определение, в частности, исключает присутствие в воздухе взвеси твердых частиц пыли и волокон. Туман в настоящем стандарте не рассматривается.

2 Хотя среда, содержание горючего газа в которой превышает ВКПР (см. 3.54), не является взрывоопасной, в ряде случаев, в частности при классификации зон, следует рассматривать ее как взрывоопасную.

3 Изменения атмосферного давления и температуры окружающей среды выше и ниже стандартного уровня 101,3 кПа и 20 °С оказывают незначительное влияние на значения НКПР и ВКПР.

3.15 **диапазон взрывоопасных концентраций** (explosive range): Диапазон концентраций горючего газа или пара в воздухе от НКПР до ВКПР.

3.16 **проверка по газовой смеси в процессе эксплуатации (проверка чувствительности)** (field check with gas (response check)): Подача поверочной газовой смеси на газоанализатор для проверки его выходного сигнала или срабатывания сигнализации, без настройки нулевых показаний, чувствительности или порога аварийной сигнализации.

Примечание — Поверочная газовая смесь — в соответствии с ГОСТ 8.578 государственные стандартные образцы состава газовых смесей, находящиеся в баллонах под давлением, выпускаемые в Российской Федерации.

3.17 **рудничный газ** (firedamp): Горючий газ, преимущественно состоящий из метана, встречающийся в естественном состоянии в шахтах.

3.18 **стационарный газоанализатор** (fixed apparatus): Газоанализатор, все части которого предназначены для постоянной установки.

3.19 **пламенно-ионизационный датчик (ПИД)** (flame ionization detector FID): Датчик, принцип действия которого основан на ионизации определяемого газа в пламени водородной горелки.

3.20 **анализатор температуры пламени (АТП)** (flame temperature analyser FTA): Датчик, принцип действия которого основан на изменении температуры пламени, вызванном определяемым газом.

3.21 **горючий газ** (flammable gas): Газ или пар, который при смешивании с воздухом в определенном соотношении образует взрывоопасную среду.

Примечание — В настоящем стандарте под термином «горючий газ» понимаются также пары горючих жидкостей (далее — горючие пары).

3.22 **температура вспышки** (flashpoint): Минимальная температура жидкости, при которой в регламентированных условиях над ее поверхностью образуются пары, способные образовывать воспламеняемую паровоздушную смесь.

3.23 **газоанализаторы, относящиеся к электрооборудованию группы II** (group II apparatus): Газоанализаторы, предназначенные для применения в местах с потенциально взрывоопасной газовой средой, кроме шахт, опасных по выделению рудничного газа.

3.24 **инфракрасный абсорбционный датчик** (infrared absorption sensor): Датчик, принцип действия которого основан на поглощении определяемым газом инфракрасного излучения.

3.25 **первоначальная градуировка** (initial calibration): Градуировка для определения конкретного вещества, в заданном диапазоне измерений и для конкретного применения, осуществляемая производителем до отправки потребителю или потребителем перед началом использования.

3.26 **периодическое определение** (intermittent sensing): Режим работы, при котором напряжение питания или анализируемая среда подаются на датчик периодически в соответствии с предварительно установленным интервалом или показания снимаются в соответствии с предварительно установленным интервалом.

3.27 **нижний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) (НКПР)** (lower explosive limit, LEL): Объемная доля горючего газа или пара в воздухе, ниже которой взрывоопасная газовая среда не образуется, выражается в процентах (см. ***ГОСТ Р 51330.19***).

3.28 **трассовый инфракрасный датчик** (open path infrared sensor): Датчик, предназначенный для определения газа в любом месте, расположенном на оптическом пути, пройденном ИК-лучом.

3.29 **парамагнитный датчик кислорода** (paramagnetic oxygen detector): Датчик, принцип действия которого основан на магнитных свойствах кислорода.

3.30 **фотоионизационный датчик (ФИД)** (photo ionisation detector PID): Датчик, принцип действия которого основан на ионизации молекул определяемого газа ультрафиолетовым (УФ) излучением.

3.31 **вещества, отравляющие датчики** (poisons of sensors): Вещества, воздействие которых на датчик приводит к временной или постоянной потере чувствительности ***и (или) увеличению времени установления показаний.***

3.32 **портативные газоанализаторы** (portable apparatus): Газоанализаторы, предназначенные для кратковременного или постоянного использования, приспособленные для быстрого перемещения с места на место и использования во время перемещения. Питаются от электрической батареи и включают следующие устройства (но не ограничиваются ими):

- малогабаритные газоанализаторы массой, как правило, меньше 1 кг, для работы с которыми достаточно использования только одной руки;
- индивидуальные (носимые) газоанализаторы, размерами и массой похожие на малогабаритные, с непрерывным режимом работы (но необязательно с непрерывным режимом измерения), предназначенные для закрепления на рабочей одежде пользователя; и
- газоанализаторы больших размеров, которыми пользователь может управлять при переноске в руках, на ремне через плечо или на лямках для переноски, снабженные или нет ручным пробоотборным зондом.

3.33 **потенциально взрывоопасная среда** (potentially explosive atmosphere): Среда, которая может стать взрывоопасной.

Примечание — Этот термин также относится к среде, в которой содержание горючего газа в данный момент превышает ВКПР, что в случае разбавления воздухом сделает ее взрывоопасной.

3.34 **периодическая градуировка** (recalibration): Градуировка с использованием поверочных газовых смесей, проводимая периодически для проверки и корректировки уровня нулевого сигнала и чувствительности газоанализатора, без какого-либо изменения его характеристик, типа поверочной газовой смеси, диапазона измерений и особенностей применения, которые были установлены во время первичной градуировки.

3.35 **время восстановления** (recovery time): Временной интервал от момента, когда на входе первичного преобразователя отмечается мгновенное снижение содержания определяемого компонента, до момента, когда его выходной сигнал достигнет заданного значения.

3.36 **относительная плотность** (relative density): Отношение плотности газа или пара к плотности воздуха при одинаковых значениях давления и температуры (плотность воздуха принята за 1).

3.37 **интенсивность (скорость) утечки** (release rate): Количество горючего газа или пара, высвобождаемое в единицу времени из источника утечки (который сам может быть поверхностью жидкости).

3.38 **выносной датчик** (remote sensor): Датчик, не являющийся неотъемлемой частью корпуса газоанализатора.

3.39 **проверка чувствительности** (response check): См. **проверка по газовой смеси в процессе эксплуатации.**

3.40 **время установления показаний** (response time): Временной интервал, измеряемый по окончании времени прогрева газоанализатора, от момента мгновенной замены чистого воздуха на поверочную газовую смесь на входе газоанализатора (или наоборот) до момента, когда выходной сигнал достигнет заданного уровня (*x*), в процентах от установившегося значения выходного сигнала при подаче поверочной газовой смеси.

3.41 **пробоотборная линия** (sample line): Трубопровод, посредством которого газовая проба поступает к датчику, включая вспомогательное оборудование (например, фильтр, сепаратор влаги).

3.42 **пробоотборный зонд** (sampling probe): Часть линии отбора пробы, поставляемая отдельно или вместе с газоанализаторами. Обычно это короткая (около 1 м) и жесткая (хотя она также может быть раздвижной — телескопической) труба, присоединяемая гибкой трубкой к газоанализатору.

3.43 **избирательность** (selectivity): Интенсивность сигнала при подаче на вход газоанализатора газовой смеси, содержащей определяемый компонент, по сравнению с интенсивностью сигнала при подаче на его вход любых других газовых смесей.

Примечание — При высокой избирательности по отношению к определяемому компоненту результаты измерений будут менее неопределенными, а перекрестная чувствительность к другим газам окажется низкой.

3.44 **полупроводниковый датчик** (semiconductor sensor): Датчик, принцип действия которого основан на зависимости электропроводности полупроводника от хемосорбции определяемого газа его поверхностью.

3.45 **чувствительность** (sensitivity): Отношение изменения выходного сигнала газоанализатора к вызывающему его изменению измеряемой величины — известному содержанию газа или пара.

Примечания

1 Необходимо различать понятия чувствительности и порога чувствительности (обнаружения) — минимального изменения содержания газа или пара, определяемого газоанализатором.

2 Высокая чувствительность подразумевает возможность измерения низкого содержания газа или пара.

3.46 **датчик** (sensor): Сборочная единица, в которой расположен чувствительный элемент, которая также может содержать элементы электрической схемы.

3.47 **чувствительный элемент** (sensing element): Часть датчика, в которой в присутствии горючей газовой смеси происходят физические или химические превращения, которые, в свою очередь, могут быть использованы для целей измерения или сигнализации, или обеих.

3.48 **датчик для измерения в одной точке** (single point sensor): Датчик, предназначенный для определения газа в одной точке — месте его установки.

3.49 **источник утечки** (source of release): Элемент технологического оборудования, из которого горючий газ, пар или жидкость могут высвободиться в атмосферу в объеме, достаточном для образования взрывоопасной газовой смеси.

3.50 **контрольная точка** (span): Точка вблизи верхнего предела диапазона измерений, служащая для проверки чувствительности газоанализатора.

3.51 **газоанализаторы эпизодического действия** (spot reading apparatus): Газоанализаторы, предназначенные для использования в короткие, периодические или нерегулярные промежутки времени в зависимости от необходимости (как правило, в течение 5 мин или менее).

3.52 **термокондуктометрический датчик** (thermal conductivity sensor): Датчик, принцип действия которого основан на изменении температуры электрически нагретого элемента, помещенного в контролируемую среду, по сравнению с температурой такого же элемента, помещенного в камеру с газом сравнения, из-за разных теплопроводностей определяемого компонента и газа сравнения.

3.53 **передвижной газоанализатор** (transportable apparatus): Газоанализатор, не относящийся к портативным, но относительно легко перемещаемый с одного места на другое.

3.54 **верхний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) (ВКПР)** (upper explosive limit, UEL): Объемная доля горючего газа или пара в воздухе, выше которой взрывоопасная газовая среда не образуется, выражается в процентах (см. ***ГОСТ Р 51330.19***).

3.55 **пар** (vapour): Газообразное состояние вещества, которое может достигнуть равновесия со своим жидким или твердым состоянием в рассматриваемых диапазонах температуры и давления.

Примечание — Это упрощение научного определения, для целей настоящего стандарта достаточно знать, что жидкость находится в состоянии ниже температуры кипения при окружающих температуре и давлении.

3.56 **вентиляция** (ventilation): Перемещение воздуха и его замещение свежим воздухом под действием ветра, перепада температуры или с помощью искусственных средств (например, приточных или вытяжных вентиляторов).

3.57 **объемная доля** (volume fraction V/V): Отношение объема компонента к объему многокомпонентной газовой смеси при определенных температуре и давлении.

3.58 **нулевой газ** (zero gas): Газ, в котором отсутствуют горючие газы, влияющие и загрязняющие вещества, служащий для регулировки нулевых показаний газоанализатора.

4 Основная информация о свойствах, характеристиках и возможности определения газов и паров

В данном разделе описаны различия между газами, которые остаются в газообразном состоянии при обычных значениях давления и температуры окружающей среды, и парами, которые могут существовать в жидком состоянии при рассматриваемых значениях давления и температуры.

4.1 Определение газов и паров, общие положения

Эффективная работа газоанализаторов горючих газов зависит не только от их готовности к работе, но и от правильного использования по назначению.

Характеристики газоанализаторов, их готовность к использованию, как и знакомство пользователя с ограничениями, связанными как с принципами действия датчиков, так и с особенностями конкретной конструкции, не могут сами по себе дать гарантию, что использование газоанализаторов должным образом защитит технический персонал, рабочие зоны или места, в которых возможно присутствие горючих газов или паров. Уровень достигнутой безопасности также зависит от самого пользователя, который должен обладать основными знаниями о свойствах газа и пара и связанных с ними явлениях.

Эти знания позволят пользователю определить, какие газы тяжелее или легче воздуха, когда пары тяжелее воздуха или имеют ту же плотность и, следовательно, как могут образоваться их скопления. Если известны направление и скорость движения воздуха, можно рассчитать, как будет происходить распространение взрывоопасной смеси. Также могут существовать причины физического или химического характера, накладывающие ограничения на использование газоанализаторов в конкретном случае, например особенности градуировки.

Следует принимать во внимание не только те газы и пары, присутствие которых необходимо определить, но и те, которые определять не требуется, но которые также могут присутствовать в атмосфере.

Следует также принимать во внимание воздействие влажности и колебаний температуры, особенно когда используют пробоотборные линии и, что более важно, если присутствуют иные пары, кроме паров воды.

Такие незначительные изменения условий окружающей среды, как повышение или понижение температуры, в большинстве случаев не учитываемые, могут сильно повлиять на результат определения, в частности, при наличии жидкостей, выделяющих пары, которые могут конденсироваться в виде тумана снаружи и внутри газоаналитического оборудования.

Пренебрежение этими свойствами газов и паров на любом этапе выбора, установки, ввода в эксплуатацию, обучения, работы и периодического обслуживания любого, самого простого газоанализатора может привести к выдаче ошибочных показаний. Такие показания могут вызвать, с одной стороны, ложное

срабатывание сигнализации или неправильное действие, и с другой — отсутствие сигнализации и необходимых выходных сигналов. Подобные факторы могут привести к возникновению риска для жизни и собственности.

Некоторые газы или пары могут вызвать коррозию или другие повреждения определенных видов датчиков. У некоторых датчиков ограничен срок службы. Со временем у них может измениться чувствительность. Это относится к некоторым типам датчиков токсичных газов и кислорода, а также верно для датчиков горючих газов. Это основная причина, по которой необходимо часто проверять чувствительность датчика. Обычно проверку осуществляют с помощью поверочной газовой смеси, подаваемой установленным способом. Оборудование для проведения проверки/градуировки, подходящее для одного типа сигнализаторов, может не подходить для другого типа, поэтому, как правило, требуется специальное обучение персонала.

4.1.1 Правила безопасности при определении содержания горючих газов в местах присутствия технического персонала

При входе во взрывоопасную зону необходимо часто проверять показания газоанализатора. Среда может быть уже взрывоопасна, в таком случае персоналу потребуется соответствующее предупреждение.

Газоанализатор выдает показания только для того места, где он установлен, или для точки в начале пробоотборной линии, если таковая используется. Взрывоопасная среда может образоваться в нескольких метрах от точки отбора пробы. Следовательно, необходимо провести несколько измерений со всех сторон рабочей зоны, чтобы удостовериться, что в ней отсутствуют скопления взрывоопасных газа или пара.

Если предполагается, что присутствуют горючие пары, то следует провести отбор пробы на расстоянии одного или двух сантиметров от пола. Такие действия могут обнаружить, например, небольшую утечку жидкости на раннем этапе. В таком случае необходимо проверить все ближайшие к источнику утечки углубления, выбоины.

Показания газоанализатора действительны только на тот момент, когда они считываются. Обстоятельства меняются. Рекомендуется периодически повторять измерения, особенно если предполагается присутствие паров (см. 4.3.2) и повышается температура.

Если в рабочей зоне может присутствовать широкий спектр газов и паров, то с учетом разной чувствительности газоанализатора к компонентам газовой смеси необходимо установить низкое значение порога аварийной сигнализации.

Если существует вероятность присутствия веществ, отравляющих датчик (например, силиконов, этилированного бензина, кислот и т.д.), необходимо чаще проводить проверку чувствительности газоанализаторов с термокаталитическими или полупроводниковыми датчиками.

Контролируя среду на наличие горючих газов и паров, следует также учитывать тот факт, что многие из них, в том числе все пары (за исключением паров воды), токсичны. Могут потребоваться как дополнительные датчики на такие газы и пары, так и дополнительные меры предосторожности.

Если в состав газоанализаторов горючих газов входят также высокочувствительные датчики на отдельные токсичные газы, то такие датчики могут обнаруживать только эти конкретные газы. Как правило, они не способны обнаружить присутствие в атмосфере каких-либо других вредных веществ.

Контроль недостатка кислорода тесно связан с измерением горючих газов. Часто эта функция добавляется в газоанализаторы. Существует множество возможных причин возникновения недостатка кислорода. В некоторых случаях частичной причиной дефицита кислорода является присутствие в анализируемой среде вредного вещества, что представляет значительную опасность. В таком случае также необходимо использовать дополнительные датчики и принимать дополнительные меры предосторожности.

Следовательно, когда речь идет о работе во взрывоопасной зоне, рекомендуется специально проверять потенциальную токсичность среды в присутствии лица, ответственного за безопасность проведения работ, специалиста по охране труда или другого лица с подобными полномочиями.

Примечание — В разных странах приняты разные значения, определяющие максимальные допустимые уровни присутствия вредных веществ. Более подробную информацию можно получить в американских перечнях «USA's ACGIN book of TLV's (Threshold Limiting Values)» и «BEIs», где приведены значения ПДК (предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны), или обратиться в Европейскую комиссию по вопросу опасных для жизни химических соединений в промышленной зоне, которая публикует список рекомендованных ПДК. Обе организации ежегодно обновляют данные перечни. В других странах обычно используют одну из этих баз данных в качестве основания для выпуска собственных национальных документов, которые также можно использовать в работе. ***На территории Российской Федерации действует ГОСТ 12.1.005, устанавливающий общие санитарно-гигиенические требования к показателям микроклимата и допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны.***

4.2 Некоторые общие свойства газов и паров

Все газы и пары полностью смешиваются между собой посредством диффузии или перемешивания. Смешавшись, они больше не разделяются. Однако некоторые газы и пары при смешении могут вступать в химическую реакцию.

Если содержание какого-то газа или пара увеличивается в одном месте, то это объясняется тем, что данное вещество продолжает откуда-то поступать, а не является следствием осаждения компонента с более высокой молекулярной массой.

Как только произошло смешение газов и паров, они остаются смешанными, если только один из компонентов смеси не удаляется химическим путем или не поглощается (например, угольным фильтром). В случае с парами удаление может произойти также при конденсации, вследствие повышения давления и (или) снижения температуры.

Плотность чистых газов и паров пропорциональна их молекулярной массе. При смешении газов и паров не происходит значительного изменения в объеме. Следовательно, плотность смесей газов и паров может быть просто выведена из объемных долей и молекулярных масс их компонентов. Если имеются данные об относительной плотности компонентов, то относительная плотность смеси может быть рассчитана на основании объемных долей и относительных плотностей компонентов.

Воздух имеет относительную молекулярную массу, приблизительно равную 29, соответствующую относительной плотности, равной 1. Например, газы с молекулярными массами меньше 29 будут иметь относительную плотность меньше 1 и будут легче воздуха.

Смеси чистого воздуха с газами или газовыми смесями, которые легче воздуха, по-прежнему останутся легче воздуха, но разница в относительной плотности будет уменьшена. Они будут стремиться подняться вверх до тех пор, пока не станут настолько разбавлены чистым воздухом, что разница в относительной плотности окажется незначительной.

Смеси чистого воздуха с газами или парами, которые тяжелее воздуха, по-прежнему останутся тяжелее воздуха, но разница в относительной плотности будет уменьшена. Они будут стремиться переместиться в места, расположенные ниже уровня земли (например, колодцы, ямы, впадины), до тех пор, пока не станут настолько разбавлены чистым воздухом, что разница в относительной плотности окажется незначительной.

Если источник утечки и воздух вокруг него значительно теплее окружающего воздуха, выделяемая смесь может сначала подниматься, даже если ее относительная плотность выше 1. Экспериментальным путем установлено, что повышение температуры на 30 К уменьшает относительную плотность на 10 %. Верна и обратная зависимость, когда температура источника утечки меньше, чем температура окружающего воздуха.

Вследствие разницы температур в зоне утечки и влияния естественной турбулентности газы и газовые смеси с относительной плотностью в диапазоне от 0,8 до 1,2 ведут себя как газы, равные по плотности воздуху, и, следовательно, способны распространяться во всех направлениях.

Все горючие газы и пары обладают такими характеристиками, как НКПР и ВКПР. Эти пределы устанавливаются опытным путем, данные о них для многих веществ можно найти в ***ГОСТ Р 51330.19.***

Примечание — Поскольку пределы устанавливаются опытным путем, в разных странах установлены различные значения НКПР и ВКПР, которые имеют узаконенный статус, например:

NFPA 30 — издание, применяющееся в США;

GESTIS — база данных свободного доступа, применяющаяся в Германии.

Все пары, за исключением паров воды, в той или иной степени являются токсичными. Все горючие пары токсичны при содержании их в воздухе ниже 25 % НКПР, многие токсичны при содержании менее 1 % НКПР. В любом случае газы (кроме воздуха или кислорода) являются удушающими (т.е. их воздействие на технический персонал вызвано только тем, что они разбавляют содержание кислорода в воздухе). Токсичность других газов может варьироваться от средней до высокой.

При определении конкретных газов или паров необходимо иметь представление о токсичности других газов или паров, которые могут присутствовать, но не могут быть определены.

4.3 Отличительные особенности определения газов и паров

Основные особенности определения газов и паров приведены ниже.

4.3.1 Определение газов

Вещества, которые сохраняют газообразное состояние при значениях температуры и давления, при которых их необходимо обнаруживать, строго подчиняются газовым законам и ведут себя предсказуемо. В таких случаях, как правило, достаточно ознакомить персонал с этими законами.

Газы могут быть чистыми или входить в состав газовой смеси, если они не вступают в химическую реакцию. Изменения температуры или давления не влияют на состав газовых смесей из не вступающих между собой в химическую реакцию газов.

4.3.1.1 Градуировка

Поверочные газовые смеси для проведения градуировки и других проверок приготавливают и хранят в баллонах под давлением. Многие смеси могут быть приготовлены в среде осушенного или синтетического воздуха. Однако химически активные газы приготавливают в среде осушенного азота, обеспечивающей более продолжительный срок хранения смеси. Как правило, рекомендуется именно такая среда, если только она не приводит к нарушению работоспособности датчика.

В случае необходимости определения более одного горючего газа (или пара) можно использовать единственную поверочную газовую смесь для градуировки и значения коэффициентов относительной чувствительности. Более подробную информацию можно найти в 4.3.2.1.

Значения коэффициентов относительной чувствительности должны быть подтверждены в ходе испытаний газоанализаторов для целей утверждения типа средств измерений.

4.3.1.2 Распространение горючих газов и отбор пробы

Газы могут иметь плотность меньше плотности воздуха, например водород и метан. Некоторые обладают практически такой же плотностью, как воздух (например, оксид углерода, сероводород, синильная кислота, этан, этилен и ацетилен). Наконец, их плотность может быть больше плотности воздуха (например, у хлорина, диоксида углерода, сернистого газа, сжиженного нефтяного газа, пропана, пропилена и бутана).

Приступая к отбору пробы, необходимо провести несколько измерений в контролируемой зоне, принимая во внимание относительную плотность газов. Это также может помочь обнаружить источник утечки.

4.3.1.3 Токсичность горючих газов

Некоторые горючие газы (особенно аммиак, сероводород, синильная кислота, оксид углерода, метиламин и формальдегид) являются высокотоксичными при очень низком содержании их в воздухе, которое не определяется газоанализаторами горючих газов, хотя эти газы приведены в ***ГОСТ Р 51330.19*** и могут быть обнаружены теми же газоанализаторами, только при их содержании, сопоставимом с НКПР. Если есть вероятность присутствия таких газов, то для их определения потребуются избирательные датчики на конкретные токсичные газы и, возможно, дополнительные меры предосторожности, если в данной зоне присутствует персонал.

Необходимо принимать во внимание, что некоторые негорючие газы также обладают высокой токсичностью (например, хлорин, сернистый газ, оксид азота и диоксид азота). Если есть вероятность присутствия таких газов, то для их обнаружения также потребуются избирательные датчики токсичных газов и, возможно, дополнительные меры предосторожности.

Другие горючие газы (например, пропан, циклопропан, бутан и сжиженный нефтяной газ) обладают средней токсичностью или наркотическим действием при содержании в воздухе, меньшем НКПР. Такие негорючие газы, как диоксид углерода и закись азота, токсичны при концентрациях, которые не могут привести к значительному дефициту кислорода.

4.3.1.4 Влияние паров воды

Хотя в данном пункте рассматривается определение только горючих газов, обычно невозможно игнорировать присутствие паров воды. Они могут создавать проблемы, когда охлажденный газоанализатор быстро перемещается в теплую и влажную атмосферу. Например, такая ситуация складывается, когда газоанализатор из прохладного места переносят в нормальные условия или когда он из помещения с кондиционированным воздухом попадает во влажную тропическую или субтропическую атмосферу. Вода может конденсироваться внутри датчика или на его поверхности, вызывая временную потерю чувствительности или какую-либо иную неисправность, пока газоанализатор не нагреется и вода снова не испарится. Особенно это характерно для электрохимических датчиков: очень быстрое уменьшение показаний датчика кислорода может произойти от нормального значения объемной доли 20,9 % до 16 % и ниже только из-за образования пленки воды, сконденсировавшейся на холодной мембране датчика. В таком случае чувствительность датчика медленно восстановится только через несколько минут, после того как он нагреется до температуры окружающей среды, а влага испарится.

Пары воды также могут послужить причиной изменения показаний газоанализаторов, использующих отдельные методы определения, приведенные ниже (см. раздел 5 и приложение А).

4.3.2 Определение паров горючих жидкостей

Свойства паров труднее для понимания, чем свойства газов. Пары образуют вещества, в которых жидкое или твердое состояние может сосуществовать с газообразным состоянием, при нормальных или

незначительно отличающихся от нормальных значениях температуры и давления. Пары ведут себя иначе, нежели газы, и они могут вызвать больше проблем. Когда в рабочей зоне вероятно присутствие паров, необходимо дополнительно ознакомить персонал со свойствами этих паров.

Скорость испарения жидкости возрастает с увеличением температуры. Объемная доля пара, которая может образоваться в замкнутом объеме (насыщенный пар), также возрастает с увеличением температуры. Объемная доля образующегося пара зависит от температуры и давления и никак не связана с количеством жидкости, остающейся в объеме. Максимальная объемная доля пара также не зависит от присутствия любого другого газа в воздухе, если он обладает той же температурой и давлением и не растворяется в жидкости.

Максимальное значение объемной доли пара, которую можно достигнуть при заданной температуре (объемная доля насыщенного пара), обратно пропорционально абсолютному давлению. В связи с этим повышение давления может привести к конденсации.

Экспериментальным путем установлено, что при постоянном давлении объемная доля насыщенного пара увеличивается в 1,5—2 раза на каждые 10 °С повышения температуры жидкости и снижается в 1,5—2 раза на каждые 10 °С уменьшения ее температуры.

Эффект удвоения абсолютного давления равносилен эффекту уменьшения температуры на 10 °С — 17 °С при постоянном давлении. Уменьшение давления наполовину равносильно такому же повышению температуры.

Температура, при которой объемная доля насыщенного пара может достигнуть 100 % при нормальном атмосферном давлении, является температурой кипения.

Объемная доля пара, равная 100 %, может быть достигнута только при температуре кипения или большей температуре при том же атмосферном давлении. Ниже температуры кипения жидкости максимально возможная объемная доля пара в воздухе или в других газах будет меньше 100 %.

Фактическое содержание пара будет меньше расчетного при движении атмосферного воздуха над поверхностью жидкости или при недостатке времени установления равновесия пар — жидкость. Максимальное количество пара может скопиться в замкнутом объеме, если длительное время отсутствует приток свежего воздуха, а перемешивание паровоздушной смеси происходит путем конвекции или механическим путем.

Горючие жидкости характеризуются температурой вспышки, которая определяется как наименьшая температура жидкости, при которой пары, образующиеся над ее поверхностью, способны вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает.

При любой объемной доли пара в газовой смеси уменьшение температуры или повышение давления на определенном этапе приведет к достижению точки насыщения, ниже которой пар начнет конденсироваться в виде тумана или капель жидкости. Когда речь идет о водяном паре, эта точка обозначается как точка росы. Данный термин часто применяется и к другим парам. Следовательно, ниже точки росы состав любой парогазовой смеси должен измениться.

4.3.2.1 Особенности градуировки

Применение поверочных смесей, содержащих горючие пары, в условиях эксплуатации ограничено минимальной температурой, при которой эти смеси могут быть использованы, или давлением поверочной смеси, которое необходимо создать на входе в газоанализатор, или давлением в баллоне со смесью.

Максимальное содержание целевого компонента, которое можно создать в баллоне под давлением 2—3 МПа, — не более 50 % НКПР для n-пентана (температура кипения 36 °С), около 10 % НКПР для n-гексана (температура кипения 68 °С). Еще более низкие концентрации можно создать для других веществ со сходными температурами кипения и еще более низкие для веществ с более высокими температурами кипения.

Как правило, поверочные газовые смеси с целевым компонентом пентаном и гексаном применяют в нефтяной промышленности, где эти пары могут быть основными компонентами. Однако в других отраслях промышленности редко удается приготовить для применения вне лабораторий поверочную газовую смесь, которая будет полностью соответствовать пару — определяемому компоненту.

Чтобы решить эту проблему, чувствительность оборудования к различным газам и парам относительно чувствительности к целевому компоненту (относительная чувствительность) определяют в лаборатории. Получение такого рода данных требует большого расхода времени и дорого обходится, и обычно значения относительных чувствительностей определяют только для конкретной модели газоанализатора, а не для каждого прибора. В таких случаях между различными газоанализаторами одной и той же модели будут существовать некоторые различия.

В связи с этим градуировку следует проводить одним из двух способов:

a) подать поверочную газовую смесь (ПГС), установить значение показаний газоанализатора равным содержанию поверочного компонента в ПГС, далее при проведении измерений необходимо использовать значения коэффициентов относительной чувствительности для пересчета показаний газоанализатора в содержание определяемого компонента (в приборах со встроенным микропроцессором этот пересчет осуществляется программно);

b) подать ПГС, установить значение показаний газоанализатора с учетом относительной чувствительности таким образом, чтобы при измерениях показания соответствовали содержанию определяемого компонента (газа или пара) или суммы компонентов.

Могут отмечаться изменения относительной чувствительности датчиков с течением времени, преимущественно это относится к датчикам с ограниченным сроком службы или к датчикам, подверженным «отравлению» (потере чувствительности вследствие химического воздействия), в частности электрохимическим и термокаталитическим датчикам.

Например, в случае с термокаталитическими датчиками чувствительность к метану будет уменьшаться быстрее, чем к другим газам или парам. Если это происходит и газоанализатор будет снова отградуирован по ПГС, содержащей метан, то для других газов и паров он будет давать завышенные показания.

По этой причине при использовании термокаталитических датчиков в потенциально взрывоопасной среде, в которой в числе прочих газов и паров также присутствует метан, при градуировке и поверке рекомендуется использовать ПГС с целевым компонентом метаном, даже если фактически использовалась другая смесь. Во всех остальных случаях для градуировки рекомендуется использовать ПГС с целевым компонентом пропаном, пентаном или гексаном, поскольку чувствительность к ним начнет снижаться раньше, чем ко всем другим веществам.

Следует также отметить, что чувствительность термокаталитических датчиков к метану (в % НКПР), как правило, выше, чем чувствительность к остальным веществам, кроме водорода. Следовательно, при применении способа градуировки, описанного в подпункте a), необходимо задавать более низкое значение порога аварийной сигнализации; при применении способа градуировки, описанного в подпункте b), показания газоанализатора должны быть установлены большими, чем паспортное значение объемной доли метана (% НКПР), в ПГС.

Для газоанализаторов водорода в качестве ПГС для градуировки следует использовать только водородные смеси.

Если ПГС для градуировки содержит не определяемый компонент, а какой-либо иной, рекомендуется устанавливать более низкие значения порогов аварийной сигнализации, чтобы учесть разброс значений относительной чувствительности.

4.3.2.2 Распространение горючих газов и отбор пробы

Только пары воды легче воздуха. Существует всего лишь четыре вида пара (три из которых горючие), имеющие плотность, примерно равную плотности воздуха (метанол, гидроксиламин, гидразин и пероксид водорода, последние три встречаются редко).

Все другие пары тяжелее воздуха, причем большая их часть значительно тяжелее. Вытекая из места утечки, если нет источника тепла, они сначала устремятся в более низкие участки земли или растекутся по поверхностям. Пока они хорошо не смешаются с воздухом, они будут держаться ближе к земле, возможно, на расстоянии всего нескольких сантиметров – именно здесь они несут в себе наибольший риск воспламенения. Наиболее опасна такая ситуация, когда имеются колодцы, ямы и туннели, которые станут заполняться от дна по направлению вверх и могут способствовать распространению паров на расстоянии в сотни метров. Это также может вызвать серьезную опасность отравления для технического персонала, входящего в колодцы и туннели.

Пробы горючих паров в спокойном воздухе следует брать на очень низких уровнях, не более чем на сантиметр от поверхности пола или земли.

Как только эти пары смешаются с избыточным количеством воздуха, они могут находиться на любой высоте и даже при содержании в воздухе, меньшем НКПР, будут представлять опасность отравления.

Пар горючей жидкости с высокой температурой вспышки невозможно обнаружить, если температура окружающего воздуха значительно ниже температуры вспышки. Например, применив эмпирическое правило, упомянутое в 4.3.2, можно вычислить, что при температуре окружающего воздуха на 60 К меньшей температуры вспышки объемная доля пара сможет достигнуть максимального значения от 1 % до 8 % НКПР, причем ее увеличение происходит очень медленно у самой поверхности жидкости при условии, что пар не рассеивается воздушными потоками.

И наоборот, если температура повышается, особенно в закрытом пространстве, содержание пара может резко возрасти. Еще раз применив эмпирическое правило, установим, что содержание пара в закрытом пространстве будет увеличиваться на 8 % НКПР при повышении температуры на каждые 30 К, вызванном, например, попаданием солнечных лучей на поверхность резервуара. Количество пара, которое прежде, когда резервуар был холодным, невозможно было обнаружить, может стать существенным, когда резервуар нагреется. При повышении температуры измерения содержания пара необходимо проводить чаще.

Дополнительные проблемы могут возникнуть с веществами с высокой молекулярной массой: чем выше молекулярная масса, тем ниже коэффициент диффузии. Это имеет значение для газоанализаторов с диффузионным отбором пробы, в котором используются газопроницаемые огнепреградители, а также для некоторых датчиков. Эта особенность может негативно повлиять как на скорость срабатывания, так и на значение чувствительности в термокаталитических датчиках, особенно в «стойких к отравлению» исполнениях.

При определении пара вследствие возможной конденсации самой пробы на датчике или в пробоотборной линии нужно иметь в виду, что датчики будут определять только газы и пары, которые не сконденсировались. Датчик не сможет обнаружить туман, находящийся в газовом канале газоанализатора или в пробоотборной линии, а также капельную влагу, образовавшуюся в результате конденсации паров, в случае, если температура газоаналитического оборудования значительно ниже температуры среды, из которой берется проба.

Если газоанализатор или пробоотборная линия загрязнятся конденсатом, потому что они оказались слишком холодными, или, что еще хуже, загрязнятся вследствие попадания брызг горючей жидкости, то газоанализатор будет выдавать неверные показания, которые могут привести к созданию предпосылок для опасной ситуации, до тех пор, пока загрязнение не будет полностью удалено.

4.3.2.3 Токсичность паров

Все пары (за исключением паров воды), в том числе все негорючие пары, токсичны в той или иной степени. Все горючие пары токсичны при содержании их в воздухе более низком, чем значение НКПР. Многие пары, в том числе наиболее часто встречающиеся в промышленности, токсичны при их содержании в воздухе менее 1 % НКПР, когда их практически невозможно определить с помощью газоанализаторов, имеющих верхний предел диапазона измерения, меньший 100 % НКПР, поэтому требуются дополнительные меры предосторожности.

4.4 Недостаток кислорода

Датчики кислорода часто входят в состав газоанализаторов горючих газов, так же как и датчики токсичных веществ. Такие кислородные датчики необходимы для работы в ограниченных пространствах.

Некоторые разновидности кислородных датчиков чувствительны к перепадам давления и поэтому требуют проверки показаний на свежем воздухе и, возможно, регулировки перед каждым использованием, а также при значительном изменении высоты над уровнем моря при использовании газоанализаторов.

Объемная доля кислорода в сухом воздухе составляет приблизительно 20,9 %. Аварийная сигнализация, сообщающая о недостатке кислорода, обычно срабатывает в интервале между 19 % и 19,5 %.

При значении порога, равном объемной доле кислорода, например, 19 %, сигнализация сработает при недостатке кислорода 1,9 % объемной доли, или, другими словами, когда дефицит кислорода составит 10 %. В некоторых обстоятельствах этого может оказаться недостаточно для защиты персонала.

Аналогично при значении порога, равном объемной доле кислорода 19,5 %, сигнализация сработает при недостатке кислорода 1,4 % объемной доли, или, другими словами, когда дефицит кислорода составит 7 %. В определенных случаях этого также может оказаться недостаточно для защиты персонала.

Как правило, не принимается во внимание, что оператор, использующий газоанализатор горючих газов, имеющий датчик кислорода, должен также знать возможную причину обнаруженного недостатка кислорода.

Существует три основных физических и химических механизма, которые могут вызвать недостаток кислорода. Эти механизмы описаны в 4.4.1—4.4.3, в качестве отправной точки используется приведенный выше пример с установкой порога аварийной сигнализации, равного объемной доле кислорода 19,5 %.

4.4.1 Химическая реакция кислорода с твердыми веществами

Самыми известными примерами такой химической реакции является коррозия стали и других металлов. Кислород просто извлекается из воздуха, окисляя металл. Как правило, это характерно для закрытых помещений, построенных из металла.

Когда аварийная сигнализация срабатывает при снижении содержания кислорода до объемной доли 19,5 %, то условия среды по физиологическим показателям соответствуют условиям работы на высоте примерно 650 м над уровнем моря. Обычно это не представляет опасности для здоровья технического персонала.

4.4.2 Химическая реакция кислорода с газообразными веществами

Подобная химическая реакция в большинстве случаев является следствием дыхания, действия аэробных бактерий (но не является следствием анаэробного процесса) или полного сгорания. Уменьшение объемной доли кислорода на 1,4 %, необходимое для срабатывания сигнализации, может сопровождаться увеличением содержания диоксида углерода примерно на 0,8 %, что не представляет значительной опасности при кратковременном воздействии и не приведет к каким-либо краткосрочным или долгосрочным последствиям для здоровья человека.

Однако если недостаток кислорода явился результатом неполного сгорания, например, древесины, бумаги, угля, нефти и т.д., даже после того, как дым рассеялся, среда с объемной долей оставшегося кислорода 19,5 % может оказаться смертельно опасной из-за присутствия объемной доли 0,2 % (2000 млн$^{-1}$) или более оксида углерода, выделяющегося наряду с диоксидом углерода.

При горении пластмасс, например ПВХ, полиуретана и т.д., среда станет сильно токсичной вследствие дополнительного выделения таких продуктов сгорания, как хлористый водород и синильная кислота.

4.4.3 Разбавление воздуха путем замещения его другим газом или паром

Примечание — Определение содержания какого-либо газа путем контроля уменьшения содержания кислорода рекомендуется проводить только при строго контролируемых условиях, в противном случае прибегать к этому методу не рекомендуется.

Недостаток объемной доли кислорода 1,4 %, который требуется, чтобы сработала сигнализация, может быть вызван увеличением объемной доли другого газа или пара на 7 %. Таким образом, необходимо выяснить, какой именно газ или пар вызвал недостаток кислорода. Существует несколько различных ситуаций:

a) если причиной недостатка кислорода является разбавление одним из инертных газов (таким, например, как азот, аргон, гелий, неон) или водяным паром, то увеличение объемной доли инертного газа на 7 % совершенно безопасно. Этот случай подобен ситуации, описанной в 4.4.1;

b) если газом, вызвавшим недостаток кислорода, является водород, метан (природный газ) или этан, среда может оставаться безопасной для дыхания в течение непродолжительного времени, но при этом содержание горючего газа превысит НКПР, и, следовательно, среда станет взрывоопасной. Однако при наличии датчика горючих газов или же кислородного датчика аварийный сигнал поступит прежде, чем ситуация станет опасной;

c) если газом, вызвавшим недостаток кислорода, является ацетилен, этилен, циклопропан, пропан, сжиженный нефтяной газ или бутан, то технический персонал сможет выжить в такой среде только в течение нескольких секунд. Но при этом содержание горючих газов превысит НКПР, и при наличии датчика горючих газов сработает аварийная сигнализация;

d) если газом, вызвавшим недостаток кислорода, является диоксид углерода, то человек почти сразу же потеряет сознание. Любой другой газ или пар, поступивший в атмосферу с объемной долей 7 % и вызвавший недостаток кислорода, делает атмосферу смертельно опасной, приводящей к быстрой гибели персонала.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Ни в коем случае нельзя использовать кислородные датчики для оценки объемной доли CO_2, замещающего кислород в атмосфере!

Это может привести к возникновению очень опасной ситуации. Уверенность в том, что срабатывание сигнализации недостатка кислорода вызвано появлением диоксида углерода, может привести к летальному исходу. Это вызвано различием ситуации, описанной в 4.4.2, когда кислород воздуха связывается химической реакцией и сигнализация срабатывает при объемной доле CO_2 приблизительно 0,8 %, и образованием CO_2 при анаэробных процессах. В данном пункте описана ситуация, при которой CO_2 поступает в среду без связывания кислорода, например, при производстве пива или вина или в анаэробном осадке в колодцах. В подобных случаях та же сигнализация не сработает, пока объемная доля CO_2 не достигнет 7 %.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Дополнительной опасностью в такой ситуации является то, что ряд кислородных датчиков выдают завышенные показания при высоком содержании CO_2!

Если рассматривать приведенный выше пример, то это означает, что показания газоанализатора по каналу измерения O_2 будут выше, чем действительное содержание O_2, и сигнализация недостатка кислорода при значении порога, равном объемной доле 19,5 %, сработает при объемной доле CO_2, значительно превышающей 7 % (и, следовательно, более опасной).

5 Принципы измерения

Подробное описание принципов измерения приведено в приложении А. Данный раздел содержит выдержки из приложения А, целью которых является предоставление практической информации, необходимой для правильной эксплуатации, технического обслуживания и текущего ремонта газоанализаторов. Заголовки и нумерация пунктов 5.1 — 5.9.4 идентичны заголовкам и нумерации пунктов А.1—А.9.4 приложения А. Подробную информацию см. в приложении А.

Характеристики датчиков, основанных на разных принципах измерений, их преимущества, типовые применения и ограничения по использованию, влияние неопределяемых компонентов и веществ, отравляющих датчики, приведены ниже.

В таблице 2 представлены краткие сведения об основных принципах измерения. Подробное объяснение см. в 5.1—5.9 (А.1—А.9.4).

5.1 Термокаталитические датчики

Принцип действия термокаталитических датчиков основан на окислении горючего газа при контакте с поверхностью катализатора, электрически нагреваемого до температуры 450 °С — 550 °С.

Термокаталитические датчики способны работать непрерывно в течение нескольких лет при наличии в воздухе незначительного количества отравляющих веществ, но у них постепенно смещается нулевой сигнал и уменьшается чувствительность вследствие старения и воздействия следовых количеств отравляющих веществ. В связи с этим необходимо проводить регулярные проверки чувствительности и градуировку, частота проверок зависит от условий конкретного применения.

В большинстве случаев в корпус датчика вмонтировано негерметичное металлическое устройство — огнепреградитель, позволяющий газу достичь чувствительного элемента и гарантирующий, что если содержание горючего газа превысит НКПР и, следовательно, газ воспламенится от нагретых чувствительных элементов, то это не приведет к возгоранию среды снаружи корпуса. Огнепреградитель также защищает датчик от пыли, механических повреждений и потоков воздуха.

Таблица 2

	Термокаталитический датчик	Термокондуктометрический датчик	Инфракрасный датчик	Полупроводниковый датчик	Электрохимический датчик	Пламенно-ионизационный датчик	Анализатор температуры пламени	Фотоионизационный датчик	Парамагнитный датчик кислорода
Подробности в подразделе	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
Необходимость присутствия O_2 в газовой пробе	Да	Нет	Нет	(Нет)	(Нет)	(Нет)	Да	Нет	Не применяется
Типичные диапазоны измерений горючих газов	≤ 100 % НКПР	(0— 100) %	(0— 100) %	≤ 100 % НКПР	≤ 100 % НКПР	≤ 100 % НКПР	≤ 100 % НКПР	≤ 100 % НКПР	Не применяется
Типичные диапазоны измерений кислорода	Не применяется	Не применяется	(0— 100) %	Не применяется	(0—25) % (0— 100) %	Не применяется	Не применяется	Не применяется	(0— 100) %
Горючие газы, не поддающиеся измерению	Большие молекулы	См. 5.2	H_2	См. 5.4	Алканы	H_2, CO	(См. 5.7)	H_2, CO; CH_4 ИП>X[5)]	Горючие газы

Окончание таблицы 2

	Термокаталитический датчик	Термокондуктометрический датчик	Инфракрасный датчик	Полупроводниковый датчик	Электрохимический датчик	Пламенно-ионизационный датчик	Анализатор температуры пламени	Фотоионизационный датчик	Парамагнитный датчик кислорода
Относительное время установления показаний[1)]	В зависимости от вещества	Среднее	(Малое)	В зависимости от вещества	Среднее	Малое	Малое	Малое	От малого до среднего
Влияние негорючих газов[2)]	Нет	CO_2, фреоны	(Да)	SO_2, NO_x, H_2O	SO_2, NO_x	ClHCs[3)] галон	(Фреон)	Вещество ИП<X[5)]	NO, NO_2
Отравление[2)]	Si; (Hal[4)]); (H_2S); Pb	Нет	Нет	Si; Hal[4)]; SO_2	(Нет)	(Si)	Нет	Нет	Нет
Необходимость внешних газов	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Нет	(Да/Нет)

[1)] Приводится качественное сравнение принципов измерения. Приведенные значения не учитывают время транспортирования при принудительном отборе пробы.

[2)] В таблице приведены наиболее типичные примеры.

[3)] Хлорированные углеводороды.

[4)] Органические галогенные или неорганические галоидные соединения.

[5)] ИП — ионизационный потенциал вещества; X — энергия УФ-лампы детектора.

Примечание — (Нет), (Да) — для получения информации о данных в скобках см. соответствующий подраздел.

5.1.1 Область применения

Термокаталитические датчики применяют:

- для определения практически всех горючих газов, но с разной чувствительностью;
- для определения смесей горючих газов в воздухе при их содержании до 100 % НКПР.

Время установления показаний и чувствительность зависят от свойств определяемого газа. Чем больше молекулярная масса и размер молекулы газа, тем продолжительнее будет время установления показаний и, как правило, меньше чувствительность.

5.1.2 Ограничения

Принцип действия термокаталитического датчика основан на каталитическом окислении, а оно происходит только тогда, когда присутствует достаточное количество кислорода (не менее 10 % объемной доли). Недостаток кислорода может быть вызван большим содержанием горючего газа, значительно превышающим НКПР. Следовательно, данный тип датчика может использоваться только для определения смесей горючих газов и паров с воздухом при концентрациях до 100 % НКПР.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Когда содержание горючего газа в воздухе превышает НКПР, термокаталитический датчик в силу недостатка кислорода может выдавать ошибочный сигнал, а следовательно, показания газоанализатора могут быть меньше НКПР.

Следовательно, газоанализаторы с термокаталитическими датчиками, соответствующие требованиям ***ГОСТ Р 52350.29.1***, должны иметь блокирующийся сигнал о выходе показаний за пределы диапазона измерений (индикацию перегрузки), чтобы избежать выдачи ошибочных показаний. Однако стационарные датчики (например, датчики, единственным выходным сигналом которых является токовый выход 4—20 мА) и ранее разработанные газоанализаторы могут не иметь такой функции.

Изменения давления, температуры и влажности не оказывают существенного влияния на показания термокаталитического датчика в пределах рабочих условий эксплуатации. Однако чем ниже значение порога сигнализации, тем больше будет влияние изменений температуры и других факторов окружающей среды.

Для предотвращения ложного срабатывания сигнализации не рекомендуется устанавливать значение порога сигнализации ниже 5 % НКПР для метана, 10 % НКПР для пропана и бутана и 20 % НКПР для паров бензина при условии, что в последнем случае приняты соответствующие меры предосторожности против токсического действия паров.

После воздействия горючих газов при содержании, превышающем верхний предел диапазона измерений, или после длительного их воздействия датчику может потребоваться несколько часов для восстановления характеристик или могут наблюдаться необратимые изменения нулевого сигнала и чувствительности.

По указанным выше причинам термокаталитические датчики не подходят для применений, в которых требуется высокая чувствительность (например, для диапазонов измерений значительно ниже 0 % — 10 % НКПР), поскольку увеличение коэффициента усиления только усилит эти нежелательные свойства.

5.1.3 Влияние неопределяемых компонентов

Термокаталитический датчик, как правило, не обеспечивает избирательность, потому что все горючие газы (в воздухе) вызывают изменение его сигнала. Существует значительный разброс чувствительности датчика к различным газам, который не связан прямо со значениями НКПР. Рекомендуется использовать коэффициенты относительной чувствительности, предоставленные изготовителем.

Если контролируемая среда содержит газ или газы, которые разбавляют или замещают воздух (например, азот или диоксид углерода), то термокаталитический датчик может выдать слабый или даже нулевой сигнал. Похожие проблемы могут возникнуть из-за присутствия паров воды, которые, сконденсировавшись, могут закрыть поры пламегасителя, предотвратив проникновение газов к термокаталитическому датчику. Высокие концентрации инертного газа (например, аргона или гелия) также могут нарушить тепловой баланс датчика, что также приведет к выдаче ошибочных показаний.

5.1.4 Отравление

Термокаталитические датчики чувствительны к отравлению веществами, многие из которых довольно широко применяются, что требует регулярных проверок чувствительности и градуировки.

Потеря чувствительности может быть необратимой или временной в зависимости от природы вещества.

Потеря чувствительности часто сопровождается увеличением времени установления показаний.

Необратимая потеря чувствительности, известная как «отравление катализатора», возникает в результате воздействия следующих веществ:

- кремнийорганических соединений (например, гидроизолирующих веществ, некоторых клеев и компаундов, отдельных масел и жиров, некоторых лекарственных препаратов);
- тетраэтилсвинца (содержащегося, например, в этилированном бензине);
- серных соединений (например, диоксида серы, сероводорода);
- галогенсодержащих соединений (например, ряда галогенных углеводородов);
- фосфорорганических соединений (например, гербицидов, инсектицидов и эфиров фосфорной кислоты в огнеупорных гидравлических жидкостях).

В ряде случаев галогенсодержащие углеводороды и серные соединения могут вызвать только временное снижение чувствительности.

Так называемые «стойкие к отравлению» датчики способны переносить более высокие дозы таких веществ, чем традиционные датчики, прежде чем у них пропадет чувствительность. На этом этапе кроме снижения чувствительности могут ухудшиться другие их характеристики, например, увеличится время установления показаний.

Те датчики, которые не являются «стойкими к отравлению», в ряде случаев могут быть защищены от большинства каталитических ядов фильтрами с активированным углем или другими. Однако применять фильтры следует с большой осторожностью, поскольку, несмотря на то что они могут послужить превосходной защитой от каталитических ядов, такие фильтры, в частности с использованием активированного угля, приводят к понижению чувствительности к углеводородам и могут даже препятствовать обнаружению высших углеводородов. Также они могут послужить причиной значительного увеличения времени установления показаний для других веществ, кроме метана и водорода, и, таким образом, ограничить применение газоанализаторов для определения этих газов. Фильтры имеют ограниченный срок службы и требуют замены. Также на их работоспособность может повлиять уровень влажности контролируемой среды.

Результат отравляющего воздействия зависит в первую очередь от самого каталитического яда, от определяемого газа и от конструктивных особенностей датчика. Следует обратиться к руководству по эксплуатации газоанализатора, чтобы выяснить, какие вещества могут отравить катализатор и как защитить датчик.

5.2 Термокондуктометрические датчики

Принцип действия термокондуктометрических датчиков основан на изменении температуры электрически нагреваемого резистивного элемента (который может быть проволочным, тонкопленочным или в виде бусинки), помещенного в контролируемую среду, по сравнению с температурой такого же элемента, помещенного в камеру с газом сравнения, вызванном различием теплопроводностей определяемого компонента и газа сравнения.

Датчик не изменяет химического состава пробы, для работы ему не требуется кислород. Следовательно, измерения можно проводить даже при отсутствии расхода пробы.

Термокондуктометрические датчики применяют для определения таких газов, теплопроводность которых в желаемом диапазоне измерений значительно отличается от теплопроводности сравнительной среды (обычно воздуха). Однако опубликованные таблицы теплопроводности могут привести к ошибочным выводам, поскольку на чувствительность датчика также влияют иные факторы, например конвекция или перенос массы.

5.2.1 Область применения

Для применения термокондуктометрических датчиков не требуется наличие кислорода и с их помощью можно измерять объемную долю газа до 100 %.

Газоанализатор может быть отградуирован на любой выбранный диапазон измерений в среде известного компонентного состава, вплоть до верхнего предела объемной доли определяемого компонента 100 %.

Эти датчики пригодны для обнаружения одиночного компонента — газа, имеющего высокую или низкую теплопроводность по сравнению с теплопроводностью воздуха, который служит сравнительной средой. Характерна высокая чувствительность термокондуктометрических датчиков к присутствию в воздухе таких газов, как водород, гелий и неон, теплопроводность которых велика; чувствительность к метану также достаточно высока.

Чувствительность метода ограниченна, верхняя граница диапазона измерений обычно выше 100 % НКПР, кроме случаев, когда теплопроводность газа достаточно сильно отличается от теплопроводности воздуха.

Особым случаем применения термокондуктометрических датчиков является продувка резервуаров со сжиженным нефтяным газом смесью CO_2/N_2 в качестве «инертного» газа. Используя свойство теплопроводности в комбинации с конвекцией, можно изготовить датчики, которые нечувствительны к изменениям содержания фоновых газов (например, воздуха, водорода и смеси CO_2/N_2). В то же время они будут реагировать с достаточной чувствительностью на небольшое содержание легких предельных углеводородов от метана до пентана, несмотря на то что данные по теплопроводности указывают, что это невозможно.

5.2.2 Ограничения по применению

Термокондуктометрический метод применим в случаях, когда изменения выходного сигнала датчика от изменения концентрации фонового газа незначительны по сравнению с сигналом от определяемого компонента (газа или смеси газов) в выбранном диапазоне измерения.

Термокондуктометрические датчики неизбирательны к отдельным газам. Они реагируют на все газы — горючие и негорючие.

Теплопроводность горючих газов сильно различается. Более легкие газы (например, метан и водород) характеризуются большей теплопроводностью, чем воздух, в то время как более тяжелые газы (например, непредельные углеводороды) имеют меньшую теплопроводность. Следовательно, ничего нельзя сказать о сигнале датчика в газовой смеси до тех пор, пока не станет известен компонентный состав этой смеси. В худшем случае теплопроводность смеси газов с высокой и низкой теплопроводностью может быть равна теплопроводности воздуха, при этом выходной сигнал датчика будет отсутствовать.

Ошибочные показания могут отмечаться также в следующих случаях:

a) используется термокондуктометрический датчик, чувствительный к скорости потока пробы, а поток газовой пробы нестабилен или не выполняются условия подачи пробы, указанные в руководстве по эксплуатации;

b) имеют место колебания температуры окружающего воздуха, которые не компенсируются соответствующим устройством на датчике;

c) неправильно пространственное положение газоанализатора, особенно если принцип действия датчика основан на одновременном использовании свойств теплопроводности и конвекции (датчики с повышенной конвективной составляющей теплопередачи).

5.2.3 Влияние неопределяемых компонентов

Погрешность от влияния неопределяемых компонентов возникает, если газоанализатор подвергается воздействию газов, на которые он не отградуирован, или его пытаются использовать для измерения таких газов. Неопределяемые компоненты, такие, как горючие и негорючие газы, с теплопроводностью, отличной от теплопроводности окружающей среды, могут влиять на величину теплопроводности газовой смеси в любом направлении так, что выходной сигнал датчика может уменьшиться до нуля.

В большинстве случаев сильным влиянием обладают пары воды, тем более что их содержание в воздухе сильно колеблется, особенно в жарком климате. При измерении небольшого содержания определяемого компонента влияние изменения влажности может потребовать осушения пробы.

5.2.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

5.3 Инфракрасные датчики

Принцип действия оптических инфракрасных датчиков основан на поглощении молекулами определяемого газа энергии светового потока в ультрафиолетовой, видимой или инфракрасной области спектра. Существующие газоанализаторы преимущественно работают в инфракрасной (ИК) области спектра.

Инфракрасные датчики не искажают пробу, и им не требуется для работы присутствие кислорода. Выходной сигнал ИК-датчиков в наибольшей степени не зависит от скорости потока пробы. У таких датчиков продолжительный срок службы при отсутствии коррозии, загрязнения или механического повреждения.

Этот тип датчиков принципиально позволяет использовать самодиагностику для проверки чувствительности к определяемому компоненту. Другие преимущества метода:

a) высокая стабильность;

b) отсутствие неоднозначности показаний при концентрациях, превышающих НКПР;

c) устойчивость к отравлению;

d) менее частое техническое обслуживание благодаря самодиагностике. Автоматическая градуировка, возможность контроля исправности источника инфракрасного излучения и компенсации загрязнения оптики могут продлить время работы без обслуживания. Однако особое внимание следует уделять своевременной очистке защитных фильтров в газовом канале, поскольку средства самодиагностики обычно не обнаруживают их загрязнения.

5.3.1 Область применения

ИК-датчики градуируют для определения одиночного компонента и в некоторых случаях нескольких компонентов. Присутствие других газов не будет обнаружено, если их полоса поглощения в ИК-области лежит за пределами полосы пропускания приемника ИК-излучения. Следовательно, газоанализаторы с такими датчиками следует использовать только для обнаружения газовых смесей, для которых они были отградуированы.

ИК-датчики не реагируют на водород. Однако их можно использовать для определения большинства других горючих газов, в любом установленном диапазоне измерения от нескольких сотых объемной доли вплоть до объемной доли определяемого компонента 100 %. Чем длиннее оптический путь, тем выше будет чувствительность. Диапазон измерений и другие технические характеристики необходимо выбирать в соответствии с конкретной задачей.

5.3.2 Ограничения по применению

ИК-датчики не обнаруживают водород.

Изменения давления анализируемой среды не влияют на нулевые показания, но чувствительность, как правило, пропорциональна парциальному давлению определяемого компонента. Поскольку датчик чувствителен к давлению, следует исключить изменения давления в газовом канале газоанализатора.

Некоторые типы датчиков, использующие модуляцию потока ИК-излучения или оптикоакустический приемник, чувствительны к вибрации.

Некоторые типы датчиков, в частности датчики для трассовых газоанализаторов, чувствительны к рассогласованию оптических осей, вызванному тряской и вибрацией.

Воздействие температуры обычно незначительно, но оно может привести как к уменьшению, так и к увеличению сигнала датчика.

5.3.3 Влияние неопределяемых компонентов

Неопределяемые компоненты (горючие и негорючие газы) могут вызывать изменение сигнала датчика. Чувствительность некоторых датчиков к таким газам, как диоксид углерода, часто приводит к значительной погрешности при измерении.

Изменение концентрации паров воды в анализируемой газовой смеси может вызывать изменение сигнала ИК-датчиков горючих газов. Однако газоанализаторы, отвечающие требованиям ***ГОСТ Р 52350.29.1***, будут иметь минимальную чувствительность к парам воды.

Наличие в пробе твердых частиц и капель жидкости, которые также поглощают инфракрасную энергию, вызывает изменение сигнала датчика или потерю чувствительности. Важно предупредить загрязнение оптических компонентов (например, окон и зеркал), особенно загрязнение, вызванное твердыми частицами или конденсацией паров. Когда для защиты от загрязнения элементов оптического тракта используют фильтры тонкой очистки, следует иметь в виду, что фильтры могут закупориться, если проба сильно загрязнена.

5.3.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

5.4 Полупроводниковые датчики

Принцип работы полупроводниковых датчиков основан на изменении электропроводности, вызванном хемосорбцией молекул определяемого компонента на поверхности нагретого чувствительного элемента, находящегося в воздухе. Содержание газа определяется путем измерения изменения сопротивления чувствительного элемента.

Полупроводниковый материал, нанесенный на поверхность керамической подложки, электрически нагревается до нескольких сотен градусов Цельсия. Электроды наносят на поверхность методом ионной имплантации или другим способом.

Время установления показаний зависит от технологии изготовления чувствительного элемента, содержания определяемого газа и способа его доставки к датчику (обычно посредством диффузии, но также можно применять принудительную подачу).

5.4.1 Область применения

Полупроводниковые датчики применяют для определения газов в широком диапазоне концентраций, в том числе очень низких, однако их характеристика преобразования нелинейна.

Они пригодны для использования в течеискателях, даже при очень низких концентрациях определяемого компонента, и в сигнализаторах, не имеющих отсчетного устройства.

5.4.2 Ограничения по применению

Полупроводниковые датчики горючих газов, как правило, неизбирательны, чувствительны к изменениям влажности и неопределяемым компонентам, для них характерны дрейф как нулевых показаний, так и чувствительности. Некоторые газы, например NO_2, вызывают отрицательный по отношению к сигналу от горючих газов сигнал.

Примечание — Обычно производитель дает рекомендации относительно веществ, которые оказывают влияние на работу датчика или вызывают ложные показания.

Новым датчикам может потребоваться длительная приработка (до нескольких недель) для стабилизации нулевых показаний и чувствительности перед проведением градуировки. Эту приработку должен проводить изготовитель. В дальнейшем приработка может быть необходима после продолжительного (более 1 дня) пребывания датчика в отключенном состоянии.

Если содержание определяемого компонента превышает верхний предел диапазона измерений, датчику может потребоваться несколько часов для восстановления характеристик или могут произойти необратимые изменения нулевых показаний и чувствительности.

5.4.3 Влияние неопределяемых компонентов

Полупроводниковые датчики неизбирательны, негорючие газы могут вызывать как отрицательный, так и положительный сигнал датчика.

Датчики одного типа имеют широкий разброс чувствительности к определяемому компоненту, к тому же относительная чувствительность к другим газам может значительно отличаться от одного датчика к другому. Обычно значения чувствительности не связаны прямо со значениями НКПР. Конкретные значения приводят в руководстве по эксплуатации.

Изменения содержания кислорода, температуры, влажности или скорости движения воздуха могут оказать сильное влияние на чувствительность. Конкретные значения приводят в руководстве по эксплуатации.

5.4.4 Отравление

На чувствительность полупроводниковых датчиков оказывают сильное влияние (в большинстве случаев понижают ее, но иногда и повышают) все те же вещества, которые отравляют термокаталитические датчики, но при концентрациях больших, чем концентрации, влияющие на термокаталитические датчики. Примеры таких веществ:

- щелочные или кислотные соединения;
- силиконы;
- тетраэтилсвинец;
- серные соединения;
- галогенные соединения.

Следует обратиться к руководству по эксплуатации газоанализаторов, чтобы выяснить, какие отравляющие вещества могут повлиять на чувствительность и как защитить датчик.

5.5 Электрохимические датчики

Принцип действия электрохимических датчиков основан на изменении электрических параметров электродов, находящихся в контакте с электролитом, в присутствии определяемого газа. Изменение электрических параметров является следствием окислительно-восстановительной реакции определяемого газа на поверхности электрода.

Датчики требуют регулярной градуировки через установленные интервалы времени в целях корректировки дрейфа нуля и чувствительности и, в конце концов, подлежат замене. Срок службы в благоприятных условиях обычно более 2 лет.

5.5.1 Область применения

Электрохимические ячейки не подходят для обнаружения многих углеводородов (например, алканов, метана, этана, пропана и т.д.). Однако существует ограниченное число применений данного типа датчиков для контроля взрывоопасных сред. Их применяют для измерения объемной доли водорода или оксида углерода вплоть до 100 % НКПР и кислорода до 25 %. Существуют также датчики для измерения объемной доли кислорода до 100 %.

Кроме того, эти датчики широко применяют для измерения содержания токсичных газов, вплоть до нескольких миллионных долей. Носимые газоанализаторы горючих газов в диапазоне 0 % — 100 % НКПР, использующие какой-либо из типов датчиков, описанных в настоящем стандарте, часто изготовляют в многоканальном исполнении, включая в их состав электрохимические датчики токсичных газов и кислорода.

5.5.2 Ограничения по применению

Временная потеря чувствительности вследствие конденсации воды на мембране датчика наблюдается из-за перемещения холодного газоанализатора в более теплое место с повышенной влажностью. Это особенно заметно у кислородных датчиков, у которых по этой причине при нормальной объемной доле кислорода 20,9 % показания могут снизиться и газоанализатор может выдавать аварийный сигнал в течение нескольких минут. Загрязнение нелетучими жидкостями или клейкими твердыми веществами может оказывать такое же воздействие, только постоянное.

Для прохождения электрохимической реакции необходим кислород. При работе датчика в обескислороженной среде кислород, растворенный в электролите, обеспечит ход химической реакции в течение непродолжительного времени в зависимости от датчика, но длительная работа датчика при отсутствии кислорода в анализируемой среде невозможна.

Изменения, происходящие в электролите, а также на поверхности одного или нескольких электродов, сокращают срок службы датчика. Чувствительность датчиков обычно падает со временем, приводя к необходимости периодической проверки чувствительности и градуировки.

В зависимости от типа датчика и определяемого компонента у датчика может сократиться срок службы или уменьшиться быстродействие, если содержание определяемого компонента превышает верхний предел диапазона измерений. Это характерно для кислородных датчиков, использующихся при высоком содержании кислорода, когда свинцовый электрод расходуется пропорционально объемной доле кислорода.

Срок службы многих типов электрохимических датчиков также зависит от времени воздействия других газов, которые приводят в негодность электролит. В частности, высокие концентрации диоксида углерода могут вызвать потерю чувствительности и сократить срок годности электролита в некоторых кислородных датчиках.

При низкой температуре или влажности может произойти снижение чувствительности и увеличиться время установления показаний датчика. Длительная работа при очень низких значениях влажности может привести к высыханию электролита. Однако для предотвращения высыхания некоторые датчики снабжены резервуаром для увлажнения.

Свойства электролита ограничивают минимальное (а в ряде случаев и максимальное) значение рабочей температуры; предельные значения указывают в руководстве по эксплуатации. Обычно минимальная температура ограничена значением минус 15 °С ввиду возможного замерзания электролита.

Время установления показаний *t* (90) сравнительно велико, как правило, ≥ 30 с при переходе с меньших концентраций на большие и наоборот.

5.5.3 Влияние неопределяемых компонентов

Электрохимические ячейки могут реагировать на другие газы, выдавая как положительный, так и отрицательный сигнал.

За исключением кислородных датчиков, чувствительность к неопределяемым компонентам в некоторых случаях может быть выше, чем к определяемому.

Для некоторых типов электрохимических датчиков чувствительность пропорциональна атмосферному давлению. Для датчиков других типов перепады давления создают опасность повреждения, что должно быть указано в руководстве по эксплуатации.

Существуют частные случаи влияния неопределяемых компонентов на кислородные датчики при их использовании не в воздухе, а в газовых смесях при очень высоком содержании горючих газов, например:

- молекулярная масса газа в смеси, в которой измеряется содержание кислорода, может оказывать сильное влияние на чувствительность датчика, поэтому необходимо провести градуировку по ПГС, содержащей кислород в этом же газе;
- срок службы датчика может уменьшиться вследствие высокого содержания в пробе органических растворителей, вступающих в химическую реакцию с электролитом.

5.5.4 Отравление

На электролит или электроды датчиков могут влиять различные газы, содержащиеся в пробе, что может приводить к потере чувствительности датчиков, о чем должно быть указано в руководстве по эксплуатации.

Кроме случаев загрязнения, описанных выше, доступ кислорода к мембране датчика может постепенно уменьшаться и со временем быть полностью перекрыт продуктами реакции, например, гидролиза таких галогенсодержащих соединений, как фторид бора (III) (BF_3), тетрахлорсилан ($SiCl_4$) и т.д.

Некоторые кислородные датчики могут терять чувствительность из-за большого содержания CO_2 в анализируемой среде, вступающего в реакцию с электролитом.

5.6 Пламенно-ионизационные датчики

Принцип работы пламенно-ионизационных датчиков (ПИД) основан на ионизации в электрическом поле органических соединений, когда они сжигаются в пламени водородной горелки. Образующееся при этом ионное облако перемещается под воздействием разности потенциалов в несколько сотен вольт, поддерживаемой между электродами в камере сгорания. Это перемещение создает очень слабый электрический ток, пропорциональный содержанию определяемого компонента (газа или пара) в газовом потоке.

Инертные и редкие (благородные) газы, оксиды азота, галогены, азот, кислород, диоксид углерода, четыреххлористый углерод и вода не определяются данным методом.

5.6.1 Область применения

ПИД используется, когда необходимы высокая чувствительность, широкий диапазон измерений, малая погрешность измерения, устойчивость к отравлению и быстрое время установления показаний (можно добиться времени установления менее 1 с). ПИД пригоден для измерения в диапазонах от единиц миллионных долей до 100 % НКПР и даже выше.

С помощью ПИД можно определять почти все органические соединения, большинство из которых горючие. Исключением являются формальдегид и муравьиная кислота.

Данный тип датчиков пригоден для измерений при повышенных температурах.

5.6.2 Ограничения по применению

Принцип действия не обеспечивает избирательность, так как, как правило, все органические соединения вызывают появление сигнала датчика. Если предполагается присутствие других газов в месте установки ПИД, необходимо провести градуировку датчика на тот газ, к которому он наименее чувствителен. Однако для данного метода относительная чувствительность лучше поддается расчету, чем для других методов.

Помимо уже упомянутых органических соединений, к которым ПИД не чувствителен, данные датчики также не пригодны для обнаружения горючих неорганических газов, водорода, оксида углерода, аммиака, сероуглерода, сероводорода и цианисто-водородной (синильной) кислоты.

С помощью ПИД можно также определять ряд негорючих органических соединений.

Для горения водородной горелки требуется подача извне водорода и (обычно) синтетического воздуха. Сигнал датчика сильно зависит как от расхода пробы, так и от расхода водорода и в меньшей степени от расхода воздуха для горения. Следовательно, необходимо поддерживать постоянное давление анализируемой газовой смеси (пробы), воздуха и водорода, при этом следует отметить, что огнепреградители, используемые в линии пробоотбора, могут засориться, и возникнут трудности с сохранением неизменного расхода пробы.

5.6.3 Влияние неопределяемых компонентов

Галогенсодержащие углеводороды снижают чувствительность, если газоанализатор отградуирован на измерение общего содержания углерода в газовой смеси.

ПИД нельзя применять для измерений в смесях с высоким содержанием газов, которые гасят пламя, например фреонов.

5.6.4 Отравление

Как правило, для данных датчиков не характерно отравление, но если в пробе присутствуют кремнийорганические соединения или другие вещества, которые образуют твердые продукты сгорания, то они могут вызвать образование налета на электродах и на изоляции, который приведет к снижению чувствительности и, в конце концов, сделает датчик неработоспособным.

5.7 Анализаторы температуры пламени

Принцип действия датчиков — анализаторов температуры пламени (АТП) основан на повышении температуры пламени, в котором сжигается постоянный поток водорода (или другого газа). Это повышение вызывается наличием в пробе воздуха горючих примесей, поддерживающих горение пламени.

5.7.1 Область применения

АТП используют для измерения общего количества горючих газов и паров при их содержании в пробе ниже 100 % НКПР, когда требуется быстрое время установления показаний. Можно добиться времени установления показаний меньше 5 с.

АТП пригоден для измерений при повышенных температурах.

5.7.2 Ограничения по применению

АТП не является избирательным, так как его выходной сигнал зависит только от теплотворной способности пробы. При высоком содержании определяемого компонента характеристика преобразования нелинейна. Подробно об ограничениях указано в руководстве по эксплуатации.

Не рекомендуется использовать АТП для измерений при значениях объемной доли определяемого компонента, составляющих единицы миллионных долей.

Для работы АТП требуется подача извне одного или нескольких газов. Для пламени необходим водород или другое горючее вещество. Для горелки необходимо обеспечить или присутствие в определяемом газе кислорода, или отдельную подачу воздуха. Сигнал критически зависит от расхода пробы, горючего вещества и, если используется, воздуха для горения. Следовательно, как и в случае ПИД, необходимо удерживать на постоянном уровне давление анализируемой газовой смеси (пробы), воздуха и горючего газа, но следует отметить, что огнепреградители, используемые в пробоотборной линии, могут засориться, создав трудности с поддержанием постоянного расхода пробы.

5.7.3 Влияние неопределяемых компонентов

Галогенсодержащие углеводороды, например хладоны, при высоких содержаниях уменьшают сигнал датчика, так как снижают температуру пламени и даже могут загасить его.

5.7.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

5.8 Фотоионизационные датчики

Принцип действия фотоионизационных датчиков (ФИД) основан на ионизации газов посредством ультрафиолетового (УФ) излучения, испускаемого специальной лампой, с известной длиной волны и, следовательно, энергией фотона, обычно выражаемой в электронвольтах (например, 10,6 эВ).

Возможности метода по определению горючих газов ограничены, и с самыми распространенными УФ-лампами этим методом не удастся обнаружить все горючие газы.

Ионизационный потенциал различных веществ можно найти в справочной литературе или получить перечень у изготовителя газоанализаторов.

5.8.1 Область применения

ФИД используют, когда основными требованиями являются высокая чувствительность, устойчивость к отравляющим веществам и малое время установления показаний, как правило, от 2 до 10 с.

Хотя этот метод предназначен преимущественно для использования в стационарных газоанализаторах, но применяется и в переносных (ручных) или передвижных газоанализаторах эпизодического действия и обычно имеет встроенный насос для принудительного отбора пробы.

ФИД пригоден для определения содержания газов от нескольких миллионных долей до примерно 2000 млн$^{-1}$. Таким образом, метод пригоден для определения как токсичности среды, так и ее взрывоопасности.

Кроме того, ФИД обычно используют для измерения содержания газов в несколько миллионных долей в течение коротких промежутков времени, например при поиске утечки.

5.8.2 Ограничения по применению

Принцип измерения не обеспечивает избирательное определение горючих газов. Датчик обнаруживает все вещества, у которых ионизационный потенциал ниже, чем энергия излучения УФ-лампы, и не обнаруживает соединения, имеющие ионизационный потенциал, превышающий энергию излучения лампы. Большинство датчиков оборудовано УФ-лампой с энергией излучения 10,6 эВ. Лампы с более высокой энергией излучения имеют пониженный срок службы.

ФИД не может обнаружить оксид углерода, водород или метан в воздухе.

Таким образом, этот метод не подходит для обнаружения легких предельных углеводородов и некоторых других веществ. Однако изменение энергии излучения лампы от 8,4 эВ (что исключает обнаружение многих веществ) до 11,7 эВ (при определении горючих веществ в воздухе) позволяет обнаружить большее количество газов (см. руководство по эксплуатации).

ФИД не рекомендуется применять для определения содержания определяемого компонента с объемной долей свыше 2000 млн$^{-1}$ из-за нелинейности характеристики преобразования. Ограничения по диапазонам измерений см. в руководстве по эксплуатации.

5.8.3 Влияние неопределяемых компонентов

Коэффициент чувствительности сильно зависит от ионизационного потенциала газа.

Пары воды могут вызвать выходной сигнал датчика, эквивалентный нескольким миллионным долям. Этот сигнал не является результатом ионизации (ионизационный потенциал H_2O составляет 12,6 эВ), а возникает в результате взаимодействия воды с материалами, окружающими электроды.

Высокое содержание метана в присутствии определяемого компонента может привести к уменьшению показаний из-за подавления ионизации.

Конденсат, твердые частицы, пятна от пальцев и т.д. на лампе или окне датчика могут изменить интенсивность УФ-излучения и, следовательно, чувствительность.

5.8.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

Измерение содержания ряда соединений, например сложных эфиров или стирола, может привести к разложению веществ, подвергнувшихся воздействию УФ-излучения и отложению их на колбе УФ-лампы. Следовательно, рекомендуется регулярно очищать УФ-лампу (см. руководство по эксплуатации).

5.9 Парамагнитные датчики кислорода

Кислород обладает сильными парамагнитными свойствами (втягивается в магнитное поле). Газы, содержащие кислород, будут стремиться разделиться в сильном магнитном поле с силой, пропорциональной объемному содержанию кислорода. NO и NO_2 разделяются в пропорционально меньшей степени, для других газов эффект практически отсутствует, что делает этот метод очень избирательным к кислороду при отсутствии значительных количеств оксидов азота.

5.9.1 Область применения

Парамагнитный датчик используют для определения кислорода в случаях, когда основными требованиями являются избирательность, долговременная стабильность и устойчивость к отравляющим веществам.

Данный датчик пригоден для определения объемной доли кислорода в диапазонах измерений от 0 % — 1 % до 0 % — 25 %. Возможно определение объемной доли вплоть до 100 %. Разница между нижним и верхним пределами диапазона измерений объемной доли кислорода должна превышать 0,5 %.

В зависимости от особенностей конструкции датчика время установления показаний может варьироваться от 6 до 40 с.

5.9.2 Ограничения по применению

В зависимости от особенностей конструкции датчика газоанализаторы могут:

- использовать один или несколько вспомогательных газов;
- содержать источники воспламенения (нагретые чувствительные элементы);
- быть чувствительными к ударам и (или) вибрации.

В большинстве случаев необходима компенсация влияния изменений давления и температуры.

5.9.3 Влияние неопределяемых компонентов

За исключением NO и NO_2, сигнал от которых при равном с кислородом содержании равен приблизительно 50 % и 4 % соответственно от сигнала, вызванного кислородом, не выявлено существенной чувствительности к другим газам.

5.9.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

6 Выбор газоаналитического оборудования

В данном разделе и разделах 8 и 9 рассмотрены пути принятия решений на основе информации, содержащейся в документации изготовителя, а также данных о месте установки газоаналитического оборудования. Документация может быть довольно обширной, особенно для больших стационарных систем, и должна вестись в виде легко проверяемого комплекта документации. Важно, чтобы она соответствовала всем изменениям, производимым в газоаналитическом оборудовании, и содержала отчеты о проведенных технических обслуживаниях и градуировках. В приложении С представлен типовой опросный лист, который поможет принять решения на первоначальном этапе.

Примечание — ***ГОСТ Р 52350.29.1***, устанавливающий общие технические требования к газоанализаторам горючих газов, включает определенный минимум климатических испытаний. Диапазон изменения параметров окружающей среды для этих испытаний приведен в приложении В. Для оборудования, отвечающего требованиям указанного стандарта, испытания могут проводиться при условиях, выходящих за указанные пределы. В этом случае подробную информацию можно получить у изготовителя оборудования.

6.1 Общие сведения

При выборе газоаналитического оборудования для определения горючих газов следует учитывать характеристики окружающей среды и требования к месту его установки, а также цели конкретного применения. Следует обратить внимание на безопасность технического персонала, особенно в присутствии паров. Указания приведены в разделе 4. Также необходимо учитывать все характеристики газоаналитического оборудования, которые могут потребовать особой осторожности во время его использования и интерпретации результатов его работы. Каждый тип датчиков обладает свойственными лишь ему ограничениями, описанными в разделе 5 и более подробно в приложении А.

Примечание — Целью настоящего стандарта не является наложение ограничений на использование газоанализаторов, принципы действия которых отличны от описанных в 5.1—5.9, или препятствие развитию новых методов определения. Однако крайне важно, чтобы возможности метода определения были таковы, чтобы технические характеристики газоанализаторов соответствовали намеченному применению, а их использование было безопасным.

Для газоанализаторов горючих газов и связанного с ним оборудования существуют две независимые категории испытаний:

- проверка технических характеристик — проводят, чтобы удостовериться, что газоанализаторы пригодны для определения горючих газов и их диапазон измерений соответствует назначению.

Примечание — Оценка газоанализаторов горючих газов на соответствие техническим требованиям, приведенным в ***ГОСТ Р 52350.29.1***, может послужить основой для принятия решения о применении газоанализатора конкретного типа;

- электрические испытания — проводят, чтобы удостовериться, что сами газоанализаторы не смогут послужить источником воспламенения взрывоопасной среды.

Примечание — Необходимо соответствие методов взрывозащиты требованиям стандартов серий ***ГОСТ Р 51330, ГОСТ Р 52350 и ГОСТ Р МЭК 60079.*** Требования распространяются на все части газоанализатора, в том числе на датчики токсичных газов и кислорода. Испытания, сертификация и маркировка должны соответствовать действующим национальным нормам.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Стандартная классификация зон и соответствующая сертификация оборудования недействительны для сред, обогащенных кислородом, например в случае газовых смесей для сварки.

6.2 Критерии выбора

6.2.1 Общие критерии

6.2.1.1 Критерии выбора газоанализаторов

При выборе газоанализаторов следует учитывать следующие критерии:

a) перечень газов, которые газоанализаторы должны определять, возможное содержание для каждого газа, который может присутствовать, и, следовательно, необходимые диапазоны измерений и требуемая точность;

b) присутствие неопределяемых компонентов, которые могут оказывать влияние на результаты измерений;

c) цель применения газоанализаторов, например: контроль взрывоопасности среды, безопасность технического персонала, обнаружение утечки или иные цели;

d) какими должны быть газоанализаторы — стационарными, передвижными или переносными. Подробно о преимуществах и ограничениях этих трех видов газоанализаторов см. в разделах 8 и 9;

e) как происходит доставка пробы к датчику — посредством диффузии или принудительной подачи. Подробно о способах доставки пробы см. в 6.2.3 и 8.1;

f) класс взрывоопасной зоны, где предполагается установка газоанализаторов;

g) условия окружающей среды в предполагаемом месте установки и их соответствие техническим характеристикам предлагаемых газоанализаторов;

h) материалы датчиков и корпусов газоанализаторов и их совместимость с характеристиками окружающей и контролируемой сред (наличие веществ, вызывающих коррозию, ветра, дождя, промывки струей из шланга). Не должны применяться в газоаналитическом оборудовании медные незащищенные части, если в среде может присутствовать ацетилен, так как возможно образование взрывоопасных ацетиленидов меди;

i) любые особенности конкретного газоанализатора, требующие особого внимания при использовании его по назначению или интерпретации его выходных сигналов;

j) временные соотношения и взаимодействие газоанализатора с защитными и сигнализирующими устройствами (см. 6.2.1.2 и 8.7);

k) требования к градуировке, в том числе к проверке нулевых показаний;

l) требования охраны труда и промышленной безопасности для монтажников, операторов, специалистов по градуировке и техническому обслуживанию и других лиц, которые могут находиться в категорированной зоне.

Независимо от выбранного типа датчика результат измерения может быть ошибочным, если:

- газоанализатор, градуировка которого проведена по одному газу, используют для определения другого газа;

- газовая проба не подготовлена, в ней присутствуют водяной или иные пары или газы, влияющие на показания, некоторые из них могут свести к нулю выходной сигнал датчика;

- изменение условий окружающей среды (если не предусмотрена их компенсация) влияет на выходной сигнал отдельных видов датчиков.

6.2.1.2 Время срабатывания

Газоаналитическая система для определения горючих газов должна быть спроектирована таким образом, чтобы время срабатывания всей системы было меньше, чем максимальное время запаздывания, разрешенное для данного применения. Следует принять во внимание, по крайней мере, следующие факторы:

a) возможную интенсивность утечки горючего газа;

b) время транспортирования пробы к датчику;

c) время установления сигнала датчика;

d) время задержки в линиях передачи данных;

e) время, необходимое для включения устройств сигнализации и переключающих схем;

f) время, необходимое исполнительным устройствам, например клапанам-отсекателям, для срабатывания;

g) время, необходимое оператору, чтобы принять решение и произвести ручное вмешательство;

h) уровень квалификации персонала.

6.2.2 Определяемые компоненты

Газоанализаторы должны быть чувствительны к каждому из газов, содержание которых требуется определять, а их диапазоны измерений по каждому определяемому компоненту должны соответствовать фактическому содержанию, возможному в контролируемой среде. Необходимо изучить информацию завода-изготовителя, чтобы сделать заключение о пригодности конкретных газоанализаторов.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Термокондуктометрические, инфракрасные, электрохимические, фотоионизационные и полупроводниковые датчики горючих газов могут быть чувствительны к некоторым негорючим газам; другие типы датчиков, напротив, могут быть нечувствительны к ряду горючих газов. Например, полупроводниковые датчики горючих газов могут также быть чувствительны к парам воды или продуктам сгорания. В каждом случае должны быть получены данные изготовителя по влиянию неопределяемых компонентов для конкретной модели газоанализатора.

Как правило, невозможно определить содержание отдельных горючих газов в их смеси, используя газоанализаторы с принципами действия, описанными в настоящем стандарте. Обычно газоанализаторы, принципы действия которых описаны в 5.1—5.9, реагируют на большинство или на все горючие компоненты смеси, не различая их.

Когда существует вероятность присутствия нескольких газов в контролируемой среде, рекомендуется выбирать газоанализатор, градуировка которого проведена по поверочной газовой смеси, содержащей тот газ, чувствительность к которому минимальна. Однако следует убедиться, что чувствительность градуированного таким образом газоанализатора к другим газам, которые могут присутствовать, достаточна для их определения. Если это не так, то можно прибегнуть к альтернативному подходу: выбрать газоанализаторы разных типов и провести их градуировку по ПГС, содержащим те газы, присутствие которых в контролируемой среде вероятно.

Когда необходимо контролировать газовую смесь с известным компонентным составом, рекомендуется, если это возможно, использовать для градуировки ПГС такого же состава. Если состав газовой смеси неизвестен, рекомендуется градуировать газоанализатор по ПГС, содержащей тот газ, чувствительность к которому минимальна.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Чувствительность термокаталитических датчиков к различным горючим газам существенно различается. Коэффициент чувствительности к различным газам, особенно к метану или природному газу, со временем может измениться. Если в контролируемой зоне возможно присутствие нескольких газов, следует обратиться к изготовителю газоанализатора для получения рекомендаций по наиболее подходящей поверочной газовой смеси для градуировки. Если метан является одним из определяемых компонентов, необходимо использовать метановоздушную поверочную газовую смесь (см. 11.2).

Те части газоанализатора, которые установлены во взрывоопасной зоне или могут быть перемещены в нее, должны быть сертифицированы для газов, присутствие которых в зоне вероятно. Сертификация должна предусматривать применение газоанализатора в соответствии с подгруппой по газам (IIA, IIB или IIC) и температурным классом в соответствии с ***ГОСТ Р МЭК 60079-0.*** Информация об отнесении конкретного газа к той или иной подгруппе приведена в ***ГОСТ Р 51330.19.***

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Газоаналитическое оборудование тех типов, на которые распространяется действие настоящего стандарта, как правило, не предназначено и не сертифицировано для эксплуатации в средах, обогащенных или обедненных кислородом, и использовать его в таких средах не рекомендуется. Следует проявлять особую осторожность, когда в рабочей зоне возле мест установки газоаналитического оборудования проводятся ацетилено-кислородные сварочные работы; если струя ацетилена, обогащенного кислородом, случайно попадет на датчик газоанализатора, то может произойти неконтролируемое возгорание, так как насыщенный кислородом ацетилен представляет собой особенно опасную газовую смесь.

Датчики некоторых типов, особенно термокаталитические, непригодны для обнаружения горючих газов в сильно обедненных кислородом или инертных средах.

При контроле довзрывоопасных концентраций, если содержание кислорода подвержено значительным колебаниям, необходимо дополнительно определять кислород. Измерения содержания кислорода проводят для того, чтобы:

- гарантировать минимальное содержание кислорода, необходимое для правильной работы газоанализатора горючих газов;

- гарантировать, что максимально допустимое содержание кислорода не превышено;

- отследить любое увеличение содержания кислорода, которое может привести к увеличению ВКПР и уменьшить энергию воспламенения;

- защитить технический персонал.

Верхний и нижний концентрационные пределы распространения пламени для горючих газов в воздухе зависят от температуры окружающей среды, атмосферного давления и содержания кислорода. Обычные изменения параметров окружающей среды не оказывают существенного влияния на технические характеристики газоаналитического оборудования. Однако если предполагаются значительные изменения температуры, давления или содержания кислорода, следует обратиться к изготовителю газоаналитического оборудования (см. требования ***ГОСТ Р 52350.29.1*** для электрооборудования II группы).

6.2.3 Требования назначения

6.2.3.1 Стационарные газоанализаторы и газоаналитические системы

Стационарные газоанализаторы и газоаналитические системы используют, когда требуется обеспечить постоянный контроль довзрывоопасных концентраций в отдельных зонах производственного предприятия или на производственных сооружениях. Эти зоны могут быть стационарными, например на производственном предприятии, или мобильными, например в системах транспортирования.

Как правило, стационарные газоанализаторы и газоаналитические системы состоят из датчиков или точек отбора проб, которые размещены во взрывоопасной зоне, а также связанных с ними блоков управления, которые могут размещаться как во взрывоопасной зоне, так и вне ее, например в диспетчерском пункте. Все части таких газоанализаторов или систем установлены неподвижно.

Должна быть проведена оценка соответствия требованиям конкретного применения всей системы, включая выбор, примерное количество и размещение датчиков или точек отбора проб (см. 8.2), пороги сигнализации и время установления показаний. Целесообразно получить консультацию изготовителей газоанализаторов или квалифицированного специалиста.

Поскольку газоанализаторы и газоаналитические системы являются стационарными, они получают электропитание от сети переменного тока. Однако использование системы аварийного электропитания от аккумулятора повышает эксплуатационную готовность оборудования.

В основном применяют три основных типа стационарных газоанализаторов и газоаналитических систем:

a) газоанализаторы (системы), датчики и блоки управления которых размещены во взрывоопасной зоне. В данном случае датчик и блок управления могут быть конструктивно объединены или поставляться как отдельные компоненты;

b) газоанализаторы (системы), имеющие в своем составе один или несколько датчиков и отдельный блок управления. Данный тип оборудования, как правило, состоит из отдельных датчиков, размещенных во взрывоопасной зоне, и связанного с ними объединенного блока управления, размещенного во взрывобезопасной зоне.

Примечание — Это наиболее подходящий тип оборудования для большинства промышленных применений, особенно если требуется высокое быстродействие;

c) газоанализаторы (системы) с принудительным отбором пробы. Данный тип, как правило, включает одну или несколько точек отбора пробы, размещенных во взрывоопасной зоне и связанных с датчиками пробоотборными линиями, выполненными из материалов, совместимых с пробой (см. 8.4). Этот тип газоанализаторов (систем) может оказаться более подходящим, чем типы a) и б), для контроля сравнительно медленных техпроцессов, когда условия окружающей среды неблагоприятны для датчика или ограничена возможность доступа к датчику, например, температура изменяется в широких пределах. Другое преимущество заключается в возможности размещения электрических частей системы вне взрывоопасной зоны, и в таком случае, за исключением использования огнепреградителей при выходе пробоотборной линии из взрывоопасной зоны, может не требоваться соответствие оборудования требованиям взрывозащиты. Огнепреградители могут быть изготовлены из спеченного металлического порошка, капиллярных трубок или других тонкопористых материалов. При применении огнепреградителей может возрасти время установления показаний, они подвержены коррозии и склонны к закупорке пылью или конденсатом. Все это требует проведения специальных осмотров и технического обслуживания. Огнепреградители должны быть испытаны и пройти сертификацию, подтверждающую их годность к применению.

Примечание — Описанные в пункте c) газоанализаторы и системы не следует смешивать с газоанализаторами и системами, предназначенными для управления технологическими процессами, на такие газоанализаторы и системы действие настоящего стандарта не распространяется.

Газоанализаторы могут выполнять одну или несколько из следующих функций:

1) индикацию измеренного значения объемной доли или массовой концентрации определяемого газа или суммы газов;

2) выдачу звуковой и (или) световой сигнализации;

3) выдачу выходного сигнала для начала действий по остановке технологического процесса и принятию мер безопасности (например, включения вентиляции, устранения источников возгорания и т.д.).

Для выполнения функции 3) может понадобиться дополнительное оборудование.

Каждую задачу по выбору и монтажу газоанализаторов следует рассматривать в совокупности, ознакомившись с рекомендациями изготовителя, надзорных органов в области промышленной безопасности, а также в соответствии с инструкциями по безопасности, действующими на предприятии.

6.2.4 Передвижные газоанализаторы

Передвижные газоанализаторы обычно выбирают для таких задач, как временный контроль воздуха рабочих зон (например, при устранении последствий аварии) или зон, через которые транспортируют горючие жидкости, газы или пары.

6.2.4.1 Переносные газоанализаторы

Переносные газоанализаторы обычно выбирают для таких задач, как обнаружение мест утечки, подтверждение отсутствия взрывоопасных смесей и токсичных газов в атмосфере, и других подобных применений.

В переносных газоанализаторах часто используют диффузионный способ отбора пробы. В таких случаях, при необходимости поиска места утечки или для обнаружения газа в ограниченном пространстве вне пределов досягаемости оператора, могут потребоваться пробоотборный зонд и ручное или механическое устройство подачи пробы.

В состав других видов переносных газоанализаторов может входить электрический миниатюрный насос непрерывного действия, берущий пробу в непосредственной близости от оборудования, но также способный доставлять пробу через пробоотборную линию от пробоотборного зонда.

Пробоотборные зонды, прилагающиеся к передвижным или переносным газоанализаторам, — обычно короткие (около 1 м) и жесткие, соединяющиеся с оборудованием посредством гибкой трубки, но могут быть раздвижными (телескопическими).

С особой тщательностью следует выбирать газоанализатор, если предполагается наличие в анализируемой среде содержания горючих газов и паров свыше НКПР.

Необходимо избегать конденсации воды или паров, содержащихся в пробе, в газовом канале газоанализатора и в линии транспортирования пробы, особенно когда холодный газоанализатор перемещается в среду с более высокой температурой.

6.2.4.2 Конструктивные особенности

Важными факторами при выборе переносных или передвижных газоанализаторов являются их размеры, масса и механическая прочность, требования к электропитанию, требуемый тип индикации, а также яркость световой и громкость звуковой сигнализаций.

6.3 Прочие факторы, влияющие на выбор газоанализаторов

6.3.1 Устойчивость к электромагнитным воздействиям

Некоторые типы газоанализаторов горючих газов чувствительны к внешним радиочастотным помехам, которые вызывают сбои в работе, уход нулевых показаний и ложное срабатывание сигнализации. Для предотвращения подобных проблем следует выбирать газоанализаторы, должным образом защищенные от электромагнитных помех.

6.3.2 Использование во взрывоопасных зонах

Газоаналитическое оборудование во взрывозащищенном исполнении обычно применяют во взрывоопасных зонах (классов 0, 1, 2). Газоанализаторы с маркировкой взрывозащиты «Ex ia» могут быть использованы в зонах всех трех классов. Газоанализаторы с маркировкой взрывозащиты «Ex d» могут быть использованы в зонах классов 1 и 2. Эти два вида взрывозащиты также применяют к подгруппам оборудования (IIA, IIB или IIC) и соответствующим температурным классам (от Т1 до Т6 в зависимости от контролируемых веществ) — эти характеристики приведены в форме таблиц в ***ГОСТ Р 51330.19.*** Однако все вышесказанное применимо только к определению газа в обычном воздухе, объемная доля кислорода в котором составляет примерно 21 %, или в воздухе, содержание кислорода в котором несколько снижено. Если воздух значительно обогащен кислородом, такое оборудование применять нельзя.

Для получения сведений о мерах безопасности при эксплуатации и предполагаемом изменении чувствительности газоанализаторов в условиях недостатка или избытка кислорода в окружающей и контроли-

руемой средах необходимо обратиться к руководству по эксплуатации или получить рекомендации изготовителя газоанализаторов.

7 Характеристики газовых утечек

7.1 Природа утечки

7.1.1 Общие положения

Размер утечки и (или) скорость накопления взрывоопасной смеси в основном определяются описанными ниже физическими и химическими свойствами, некоторые из них являются характеристиками горючего вещества, другие характеризуют технологический процесс или место эксплуатации. Далее для простоты изложения принято допущение, что при изменении одного параметра все остальные параметры не изменяются.

7.1.2 Интенсивность утечки газа или пара

Чем выше интенсивность утечки, тем больше размер взрывоопасной зоны и скорость накопления взрывоопасной смеси.

Интенсивность утечки определяется следующими свойствами источника утечки:

a) геометрией источника утечки.

Под геометрией имеют в виду физические характеристики источника утечки (например, открытую поверхность жидкости, неплотное фланцевое соединение и др.);

b) скоростью истечения горючего вещества.

Для конкретного источника утечки интенсивность утечки возрастает с увеличением скорости истечения горючего вещества. Если горючее вещество находится внутри технологического оборудования, то скорость истечения зависит от давления рабочего процесса и геометрии источника утечки.

Значительная интенсивность утечки в сочетании с высокой скоростью истечения приводит к возникновению конусообразной струи, которая будет воздействовать на поведение вытекающего газа по крайней мере в непосредственной близости от источника.

Газ, поступающий из источника утечки с высокой скоростью (например, утечка из находящихся под давлением трубы или емкости), вначале будет иметь вид конусообразной струи, направленной от источника утечки. По мере того как расстояние от источника утечки увеличивается, кинетическая энергия струи уменьшается, пока в итоге газ не рассеивается под влиянием ветра, благодаря разнице в плотности с воздухом и в меньшей степени из-за диффузии;

c) содержанием горючего вещества.

На интенсивность утечки влияет содержание горючего газа или пара в вытекающей смеси;

d) испаряемостью горючей жидкости.

Испаряемость зависит от давления насыщенных паров и теплоты парообразования горючей жидкости. Если давление насыщенного пара неизвестно, то следует руководствоваться температурами кипения и вспышки.

Взрывоопасная смесь не может существовать, если температура вспышки значительно превышает максимальную рабочую температуру горючей жидкости. Чем ниже температура вспышки, тем больше размеры взрывоопасной зоны и скорость накопления взрывоопасной смеси.

Не все жидкости (например, некоторые галогенсодержащие углеводороды) характеризуются таким параметром, как температура вспышки, хотя и могут образовать взрывоопасную газовую смесь. В подобных случаях следует сравнивать установившееся значение температуры жидкости, соответствующее концентрации насыщенного пара при нижнем концентрационном пределе воспламенения, с максимальной температурой жидкости.

Жидкости следует принимать в расчет, когда их температура выше $(T_в - \Delta T)$, К, где $T_в$ — температура вспышки, а ΔT — запас безопасности. Этот запас безопасности примерно равен 5 К для чистых химических веществ, но он должен быть повышен до 15 К для смесей.

Примечание — Если горючее вещество поступает в воздух таким образом, что образуется туман (например, путем распыления), то образование взрывоопасной смеси возможно при температуре, которая ниже температуры вспышки;

e) температурой жидкости.

Давление насыщенного пара возрастает с увеличением температуры, увеличивая интенсивность утечки вследствие испарения.

Температура жидкости после утечки может возрасти, например, за счет нагретой поверхности оборудования, в контакте с которой она находится, или высокой температуры окружающего воздуха.

7.1.3 Пределы распространения пламени (воспламенения)

Чем ниже значение НКПР горючего газа или пара в воздухе, тем больше размеры взрывоопасной зоны и скорость накопления взрывоопасной смеси. При одинаковых интенсивностях утечек газы с более низкими значениями НКПР создадут взрывоопасную концентрацию быстрее, чем газы с более высокими значениями НКПР.

Как НКПР, так и ВКПР зависят от температуры окружающей среды и атмосферного давления, но в пределах обычных изменений это влияние незначительно. Полезную информацию по этому вопросу можно найти в ***ГОСТ Р 51330.19.***

7.1.4 Вентиляция

При повышении уровня вентиляции размеры взрывоопасной зоны и скорость накопления взрывоопасной смеси уменьшаются. Объекты, препятствующие проветриванию, могут увеличить размеры взрывоопасной зоны и скорость накопления взрывоопасной смеси. Такие препятствия, как стены или потолки, могут ограничить размеры взрывоопасной зоны и скорость накопления взрывоопасной смеси.

7.1.5 Относительная плотность газа или пара при утечке

Поведение газа, который вытекает с незначительной начальной скоростью (например, пар, выделяющийся при разливе жидкости), подчиняется закону плавучести и зависит от относительной плотности газа по отношению к воздуху.

Если газ значительно легче воздуха, то он будет перемещаться вверх. Если газ или пар значительно тяжелее, он будет скапливаться на уровне земли. Протяженность зоны в горизонтальном направлении на уровне земли и скорость накопления взрывоопасной смеси у земли будут возрастать с увеличением относительной плотности, а протяженность зоны в вертикальном направлении над источником утечки и скорость накопления взрывоопасной смеси над источником утечки будут возрастать с уменьшением относительной плотности.

Примечания

1 На практике газы и пары, относительная плотность которых ниже 0,8, считаются легче воздуха (например, метан, водород или аммиак). Если же относительная плотность газа или пара превышает 1,2, то предполагается, что они тяжелее воздуха. Если относительная плотность газа или пара находится в промежутке между этими значениями, то следует учитывать оба варианта.

2 Плотность смеси тяжелых и легких газов имеет среднее значение, и, однажды смешавшись, они более не разделятся, а могут только разбавляться воздухом.

7.1.6 Температура и (или) давление

Если газ или пар до утечки имел температуру и (или) давление, значительно отличающиеся от температуры окружающей среды и атмосферного давления, то интенсивность утечки и, следовательно, ее поведение, по крайней мере в непосредственной близости от источника, будут иными.

Газ, вытекающий под высоким давлением в атмосферу, может сильно охлаждаться вследствие адиабатического расширения. Подобным же образом утечка сжиженного газа (например, сжиженного нефтяного газа или аммиака) приведет к его охлаждению до точки кипения, которая значительно ниже 0 °С.

Любой вызванный разницей температур поток (например, конвективные потоки от нагретых или холодных поверхностей зданий или технологического оборудования), особенно если он близок к источнику утечки, может повлиять на распространение газовоздушной смеси и ее распределение по высоте.

7.1.7 Дополнительные факторы, которые необходимо учитывать

Необходимо также принимать во внимание такие факторы, как климатические условия и топография местности.

В отличие от утечки на открытом воздухе, при наличии ветра, при утечке в закрытом помещении поведение вытекающего газа будет иным, о чем сказано в 7.2, 7.3.

7.1.8 Наружные площадки и открытые сооружения

На наружных площадках и в открытых сооружениях на рассеивание газа после утечки могут влиять скорость и направление ветра. На наружных площадках распространение газа в горизонтальном направлении против ветра замедляется, а в направлении по ветру ускоряется. Этот эффект тем сильнее, чем выше скорость ветра. Более сложные траектории воздушных потоков будут наблюдаться вокруг зданий и сооружений. В таких случаях направление ветра оказывает большее влияние, так как необходимо учитывать возможность скопления газа в закрытых от ветра местах или там, где скорость движения воздуха

мала. В особо ответственных случаях целесообразно использовать на стадии проектирования математическое моделирование распространения газа, а также провести испытания в аэродинамической трубе.

Местные температурные воздействия могут изменять направления воздушных потоков и, следовательно, повлиять на распространение газа. Например, большие перепады температур могут быть вблизи нагретых поверхностей оборудования. Кроме того, относительная плотность газа зависит как от температуры самого газа, так и от температуры окружающего воздуха.

7.2 Здания и огороженные площадки

7.2.1 Общие положения

Внутри зданий и огороженных площадок вероятность скопления взрывоопасной смеси газов после утечки значительно выше, чем на открытой площадке. Когда происходит утечка газа в закрытом пространстве, он смешивается с воздухом помещения, образуя газовоздушную смесь. Образование взрывоопасной смеси зависит от скорости утечки газа, расположения источника утечки, плотности газа, уровня вентиляции и имеющихся тепловых потоков. При определении оптимального места расположения датчиков следует учитывать эти факторы.

7.3 Непроветриваемые здания и огороженные площадки

Теоретически при отсутствии воздушных потоков, создаваемых вентиляцией, и (или) тепловых воздействий вытекающий из места утечки газ, если он легче воздуха, образует газовоздушную смесь, распространяющуюся от уровня, на котором располагается место утечки, до потолка. Газ тяжелее воздуха, вытекая из места утечки, образует слой газовоздушной смеси от уровня, на котором располагается место утечки, до пола.

Если вытекающий под давлением газ имеет форму конусообразной струи, слой газовоздушной смеси формируется иначе. Например, если струя более легкого, чем воздух, газа направлена от источника утечки вниз, то слой газовоздушной смеси может распространиться от потолка до более низкого уровня, чем уровень источника утечки. Подобным же образом если струя более тяжелого, чем воздух, газа направлена вверх от источника утечки, то слой газовоздушной смеси может распространиться от пола до более высокого уровня, чем уровень источника утечки.

Примечание — Если в зданиях или на огороженных площадках присутствует потенциальный источник утечки газа, то следует обеспечить надлежащую вентиляцию.

7.4 Проветриваемые здания и огороженные площадки

Проветривание зданий и огороженных площадок осуществляется естественным путем, с помощью искусственной вентиляции или их комбинации.

Примечание — Когда содержание горючих газов в выбросе еще значительно ниже НКПР, выброс будет перемещаться вместе с потоком воздуха вследствие небольших отличий в плотности газовой смеси и чистого воздуха.

7.5 Естественная вентиляция

Естественная вентиляция — это поток воздуха внутрь или изнутри здания или огороженной площадки, циркулирующий через специально предназначенные для этого отверстия или любые другие имеющиеся в здании проемы. Вентиляционные воздушные потоки возникают по двум причинам: во-первых, благодаря перепаду давления в помещениях, вызванному ветром; во-вторых, благодаря подъемной силе, действующей на воздух в помещении благодаря разнице температур (и, следовательно, плотности) воздуха внутри помещения и наружного воздуха. Когда температура внутри здания или огороженной площадки выше наружной температуры, будет формироваться восходящий воздушный поток. Напротив, если температура внутри ниже наружной температуры, будет формироваться нисходящий воздушный поток.

Утечка газа или пара в здании или огороженной площадке с естественной вентиляцией приведет к образованию смеси газа с воздухом, так же как это было описано в 7.3, с тем отличием, что при равной интенсивности утечки содержание горючего газа в газовоздушной смеси окажется ниже вследствие разбавления притоком свежего воздуха.

Если в помещении с естественной вентиляцией существует восходящий поток воздуха, то в случае утечки газа или пара, более тяжелых, чем воздух, газовоздушная смесь может распространиться как выше, так и ниже уровня, на котором расположен источник утечки. Наоборот, если в помещении с естественной вентиляцией существует нисходящий поток воздуха, то в случае утечки газа или пара, более легких, чем воздух, газовоздушная смесь может распространиться как ниже, так и выше уровня, на котором расположен источник утечки.

Примечание — Дополнительная информация, касающаяся естественной вентиляции, приведена в ***ГОСТ Р МЭК 60079-10-1***.

7.5.1 Искусственная вентиляция

Термин «искусственная вентиляция» применяют для описания воздушного потока, создаваемого механическим путем, т.е. вентиляторами. Воздушные потоки, создаваемые механическим путем, могут быть велики, кратность вентиляции, например, может быть больше 12.

Содержание газа в воздухе внутри замкнутого помещения с искусственной вентиляцией, как правило, гораздо меньше, чем содержание газа при подобной же утечке в помещении с естественной вентиляцией.

Примечание — Если в результате утечки создалась очень высокая концентрация горючего газа (выше 100 % НКПР) или имеется поверхность горючей жидкости с низкой температурой вспышки, то интенсивная вентиляция может привести к увеличению объема взрывоопасной смеси.

В хорошо спроектированной системе вентиляции весь объем воздуха в помещении замещается притоком свежего воздуха. Если планировка помещения содержит участки со слабым движением воздуха или «мертвые зоны», то в них может накапливаться взрывоопасная смесь. Следовательно, в таких местах необходимо устанавливать газоанализаторы.

Примечание — Определить пути движения воздуха в помещении и присутствие «мертвых зон», в которых может накапливаться газовоздушная смесь, можно с помощью датчиков дыма.

Если датчик газоанализатора установлен в приточном или вытяжном канале системы принудительной вентиляции (в зависимости от того, где может произойти утечка), то уставка аварийной сигнализации должна быть установлена на минимальное, практически приемлемое значение.

Некоторые датчики используют огнепреградители, спеченные из металлического порошка. На способность газовоздушной смеси диффундировать через огнепреградитель к чувствительному элементу неблагоприятно влияют очень высокие скорости воздушного потока, которые могут возникнуть в воздуховоде. В этом случае может помочь дополнительный кожух на датчике.

7.5.2 Условия окружающей среды

Характеристики рабочих условий окружающей среды должны быть приведены в руководстве по эксплуатации оборудования.

Когда условия окружающей среды в предполагаемом месте эксплуатации выходят за пределы значений, установленных изготовителем, необходимо связаться с изготовителем оборудования для согласования с ним возможности применения оборудования в подобных условиях.

8 Проектирование и установка стационарных газоаналитических систем

Стационарная газоаналитическая система должна выдавать раннее предупреждение как о присутствии, так и о характерных местах скопления горючего газа для того, чтобы запустить автоматически или в ручном режиме одно или несколько из следующих действий:

a) безопасную эвакуацию персонала из помещений;

b) меры по тушению пожара и другие противоаварийные мероприятия;

c) устранение опасности;

d) остановку технологического процесса или предприятия;

e) повышение уровня вентиляции.

Последствия для безопасности персонала и экономические последствия от возможного ущерба, вызванного необнаруженной утечкой, должны быть главной проблемой, требующей решения. Это может привести к пересмотру требований к составу системы, вопросов резервирования, устойчивости системы электропитания, надежной работы системы при отказе отдельных элементов и т.д.

Следовательно, чрезвычайно важно, чтобы газоаналитическое оборудование устанавливали и использовали таким образом, чтобы только квалифицированный персонал имел доступ к функциям управления этим оборудованием.

Важным вопросом является выбор количества и мест расположения датчиков и точек отбора пробы. На практике при таком выборе необходимо учитывать множество факторов, включая требования норм и правил в области промышленной безопасности, условия окружающей среды и требования техники безопасности, и, следовательно, необходимо провести множество разнообразных экспертиз.

8.1 Основные рекомендации по установке стационарных систем

Если газоанализаторы и вспомогательное оборудование устанавливают во взрывоопасной зоне (т.е. в зоне, которой присвоена соответствующая категория согласно установленной классификации), то их

характеристики должны соответствовать категории зоны и быть промаркированы соответствующим образом.

Обычно применяют три основных типа стационарных газоаналитических систем:

а) системы, состоящие из выносных датчиков, связанных с блоками управления и сигнализации электрическим кабелем.

Такие системы наиболее подходят для большинства промышленных применений. Систему данного типа следует, как правило, устанавливать так, чтобы осуществлять непрерывный контроль каждого участка предприятия и тех помещений, где может произойти скопление взрывоопасной смеси. Она должна выдавать как можно более раннее предупреждение о происшедшей утечке или о скоплении газа с учетом практических ограничений, связанных, например, с расположением датчиков и их количеством.

Выносные датчики и отдельные газоанализаторы следует подсоединять к связанным с ними блокам управления и сигнализации в соответствии с национальными требованиями к установке электрооборудования. Датчики и любые другие части системы, размещаемые во взрывоопасной зоне, должны быть взрывозащищенными, уровень и вид взрывозащиты должны соответствовать категории зоны, устанавливаемой стандартами серий ***ГОСТ Р 51330, ГОСТ Р 52350 и ГОСТ Р МЭК 60079.***

Примечание — Если датчик или газоанализатор эксплуатируют вне пределов диапазона рабочих температур, установленных предприятием-изготовителем, то они не будут соответствовать требованиям электробезопасности, а следовательно, сертификату соответствия;

b) системы, использующие принудительный отбор пробы.

Такие системы используют, когда параметры технологического процесса изменяются сравнительно медленно и можно допустить большее время срабатывания системы. Основное преимущество таких систем в том, что они позволяют разместить все электрические части оборудования вне взрывоопасной зоны, оставляя внутри зоны только линии доставки пробы, фильтры и т.п., и требуют только применения огнепреградителя при выходе во взрывобезопасную зону. Когда система включает один газоанализатор, на который последовательно подается проба от нескольких точек отбора, интервал времени между измерениями из двух любых точек должен быть таким, чтобы в течение этого интервала не произошло накопления горючих газов до потенциально опасных концентраций. Длина пробоотборной линии и расход пробы также должны быть такими, чтобы за время доставки пробы от точки отбора к датчику не произошло накопления горючих газов до потенциально опасных концентраций. По этой причине трубки для отбора пробы должны быть как можно более короткими;

c) системы, использующие трассовые датчики.

Эти системы подчиняются специальным требованиям, имеют свои характеристики и ограничения и не являются предметом рассмотрения настоящего стандарта [см. также примечание в конце А.3 (приложение А)]. Подобные системы обычно используют инфракрасный метод, при котором источник и приемник излучения установлены на противоположных концах «линии визирования» — оптического пути, пересекающего зону. Можно на одном конце зоны установить зеркало, при этом излучатель и приемник будут расположены рядом друг с другом на другом конце зоны, возможны и другие конфигурации.

8.2 Расположение точек контроля

ВНИМАНИЕ:

1 Принципиальным техническим требованием является то, что размещение датчиков и точек отбора пробы должно обеспечивать обнаружение скопления газов до того, как они будут представлять опасность.

2 Датчики и точки отбора пробы необходимо размещать в местах, выбранных после консультации со специалистами, знающими особенности распространения газов, технологический процесс производства и установленное оборудование, в сотрудничестве со специалистами по промышленной безопасности.

При принятии решения о размещении датчиков и точек отбора пробы необходимо принимать во внимание:

а) совместное влияние мест расположения предполагаемых источников утечки и условий распространения (см. раздел 7);

b) где могут находиться источники утечки — внутри или снаружи сооружений, зданий и др.;

c) что может произойти в таких местах, как двери, окна, проходы, траншеи, котлованы и др.;

d) местные климатические условия;

e) здоровье и безопасность технического персонала;

f) возможность доступа для технического обслуживания, включая градуировку, поверку, и защиту системы от возможного повреждения при нормальном режиме работы технологического оборудования.

Решения, принятые по вопросу о размещении датчиков и точек отбора пробы, следует документировать (см. также 8.10).

8.2.1 Общие рекомендации к выбору места установки датчиков

Если необходимо обнаружить утечку газа только на конкретном участке, то датчики или точки отбора пробы могут быть размещены по периметру этого участка. Однако такое размещение может не обеспечить своевременного предупреждения об утечке. Нельзя ограничиваться таким размещением датчиков, если утечка представляет значительную опасность для персонала или собственности внутри самого периметра.

Датчики или точки отбора пробы следует размещать вблизи любого потенциального источника крупной утечки газа, но, чтобы избежать ложных срабатываний сигнализации, точки контроля нельзя размещать в непосредственной близости к технологическому оборудованию, в котором могут происходить незначительные утечки в нормальном режиме работы. Как правило, на открытом месте незначительные утечки рассеиваются, не образуя взрывоопасной смеси.

Датчики также следует размещать во всех возможных местах, в которых могут скапливаться газы в опасных концентрациях. Эти места необязательно должны располагаться вблизи потенциальных источников утечки, но могут, например, быть участками с ограниченным движением воздуха. Газы более тяжелые, чем воздух, имеют свойство перетекать, как жидкость, и скапливаться в подвалах, колодцах, траншеях, ямах и котлованах, если таковые имеются. Подобным же образом газы более легкие, чем воздух, могут скапливаться в полостях под крышей.

Газ, распространяющийся из места утечки, ведет себя по-разному на открытом воздухе при воздействии ветра или в закрытом помещении. Поведение газов, распространяющихся из места утечки, сложное и зависит от многих параметров. Однако на практике недостаточно одного только понимания того, как влияют эти параметры, чтобы предсказать размеры взрывоопасной зоны и (или) скорость накопления взрывоопасной смеси. Такой прогноз может быть улучшен за счет:

1) применения общепринятых эмпирических правил, разработанных специалистами на основе их прошлого опыта;

2) проведения экспериментов на месте для того, чтобы смоделировать и точно описать поведение газов. Для этого применяют источники дыма для определения направления воздушных потоков, анемометры для определения их скорости и другие технические средства;

3) численного моделирования распространения газа.

Как правило, датчики следует размещать: выше уровня, на котором находятся вентиляционные отверстия; ближе к потолку для обнаружения газов более легких, чем воздух; ниже вентиляционных отверстий и ближе к полу для обнаружения газов более тяжелых, чем воздух.

Когда необходимо обнаружить возможное проникновение газа или пара в здание или помещение из внешнего источника, датчики следует размещать вблизи вентиляционных отверстий. К тому же эти датчики могут понадобиться для определения утечек, происшедших внутри здания или в помещении.

Если потолки или полы разделены на отсеки оборудованием или иными заграждениями, следует установить датчики в каждом таком отсеке.

8.2.2 Условия окружающей среды

Стационарные газоанализаторы и системы и особенно выносные датчики могут подвергаться воздействию окружающей среды в течение очень длительного времени. Необходимо тщательно выбирать тип газоанализаторов и места их расположения с учетом воздействия факторов окружающей среды, при которых газоанализаторы должны работать в нормальном и аварийном режимах.

8.2.2.1 Неблагоприятные метеорологические условия

Датчики, размещенные на открытых площадках и на открытых сооружениях, могут подвергаться климатическим воздействиям, о чем всегда необходимо помнить. Например, сильный ветер может вызвать дрейф нулевых показаний. Сильный ветер может даже вызвать кратковременную потерю чувствительности во время проведения градуировки вследствие разбавления ПГС, подаваемой на датчик, окружающим воздухом, если применяют обычное оборудование для градуировки, поставляемое изготовителем. Для применения датчика в условиях сильных ветров необходимо проконсультироваться с изготовителем газоанализатора.

С особой тщательностью нужно подходить к размещению датчиков в местах, подвергающихся воздействию окружающей среды, чтобы обеспечить защиту от этих воздействий. Водяной пар, проливной дождь, снег, лед, пыль и т.д. также могут неблагоприятно влиять на работу датчика. Некоторые материа-

лы, во всем остальном пригодные для пробоотборных линий или в качестве защиты от метеорологических воздействий, могут оказаться нестойкими к солнечному свету или другим параметрам окружающей среды.

Датчики, размещенные в зданиях или огороженных площадках, как правило, не подвержены воздействию неблагоприятных метеорологических условий.

8.2.2.2 Предельные значения температур окружающей среды

Все датчики, точки отбора пробы и газоанализаторы следует устанавливать в местах, которые обеспечивают соответствие температуры эксплуатации значениям, установленным изготовителем.

При эксплуатации за границами диапазона значений рабочей температуры, установленного изготовителем, датчик может выдавать ошибочные показания, также может снижаться его срок службы. К тому же как при предельно высоких, так и предельно низких значениях температуры оборудование больше не будет соответствовать сертификату для применения во взрывоопасных зонах.

Например, электролит во многих электрохимических датчиках, работающих при температуре, значительно меньшей минус 10 °С, может замерзнуть. При использовании переносного газоанализатора данное ограничение можно обойти, если хранить его в теплом помещении.

Как правило, не рекомендуется размещать датчики непосредственно над источниками тепла, такими, как печи или котлы, и необходимо выбрать подходящее место вдали от источника тепла на такой же высоте.

Газоанализаторы и выносные датчики в тропическом исполнении, предназначенные для наружной установки, должны быть защищены от прямых солнечных лучей, которые могут нагреть их до температуры, превышающей 65 °С, даже если окружающая температура около 40 °С. Обычно максимальная температура при сертификации для взрывоопасной зоны составляет 40 °С, а максимальная температура для эксплуатации в соответствии с ***ГОСТ Р 52350.29.1*** составляет 55 °С, если в сертификационной документации на конкретный тип газоанализаторов не установлено иное.

8.2.2.3 Вибрация

Если предполагается воздействие вибрации, особенно для газоанализаторов, установленных на механизмах, следует убедиться, что газоанализатор способен выдерживать вибрацию или имеется надлежащая виброизоляция.

8.2.2.4 Использование датчиков в коррозионно-активных средах

Необходимо защитить датчики от повреждения вследствие воздействия коррозионно-активных сред (например, паров аммиака, кислотных туманов, H_2S и т.п.). Следует принять особые меры предосторожности, чтобы защитить провода (и составные части из меди или латуни), если возможно присутствие аммиака, поскольку он может вызвать сильную коррозию и электрические неисправности.

8.2.2.5 Механическая защита

Выносные датчики, установленные в местах, где существует опасность механических повреждений (в ходе обычных работ на предприятии или в результате использования подвижного оборудования, например вилочного погрузчика), необходимо защитить таким образом, чтобы не препятствовать свободному движению воздуха вокруг них. В случае необходимости следует получить рекомендации от изготовителя.

8.2.2.6 Устойчивость к электромагнитным воздействиям

Надлежащие меры предосторожности (например, использование экранированного кабеля) следует применять во время прокладки системы кабелей, в том числе кабелей управления вентиляцией, чтобы гарантировать, что вся система надлежащим образом защищена от электромагнитных воздействий.

Примечание — Необходимо также принять во внимание соответствующие национальные нормы относительно электромагнитной совместимости.

8.2.2.7 Поливка из шланга

Практика «поливки из шланга» на предприятии может привести к значительным повреждениям выносных датчиков и загрязнению пробоотборных линий. Следовательно, применения этого метода очистки следует по возможности избегать. Если такой возможности нет, то необходимо защитить датчики от воздействия водяных струй таким образом, чтобы не создать препятствия потокам воздуха, обтекающим датчик. Это может оказаться сложной проблемой.

8.2.2.8 Взвешенные частицы и другие загрязняющие вещества

Датчики не должны подвергаться воздействию переносимых воздухом загрязняющих веществ, которые могут неблагоприятно повлиять на их работу.

Например, вещества, содержащие силиконы или другие известные каталитические яды, не следует использовать там, где установлены термокаталитические или полупроводниковые датчики.

Частицы пыли, влажные, маслянистые или клейкие аэрозоли и туманы или капли конденсата могут препятствовать прохождению пробы через газопроницаемые мембраны датчиков, пробоотборные линии и фильтры, вызывая потерю чувствительности или сбои в работе. Серьезные осложнения создает присутствие твердых частиц во влажной пробе, образующих пасту. Такие загрязнения требуют регулярной очистки или иного технического обслуживания. Может понадобиться специальная фильтрация.

Имеется множество примеров того, как небрежное распыление или умышленное нанесение краски послужило причиной неисправности датчиков. Для предотвращения подобных случаев технический персонал должен пройти соответствующее обучение.

Необходимо предотвращать конденсацию влаги на газопроницаемой мембране датчика и в пробоотборных линиях. В условиях повышенной влажности пробы может потребоваться подогрев отдельных узлов, применение сепараторов или фильтров-поглотителей влаги и т.д.

Особую проблему представляет случай, когда определяемый компонент является паром. Загрязнения газового канала, вызванные конденсацией паров (или попаданием жидкости иным способом) в пробоотборной линии, на фильтрах или на газопроницаемой мембране датчика, будут приводить к неточным или ошибочным показаниям газоанализатора до тех пор, пока последние следы загрязнения не будут удалены. Это может оказаться чрезвычайно опасным. Если возможен подобный тип загрязнения, то единственным способом предотвратить его будет подогрев составных частей газоаналитического оборудования, которые находятся в контакте с пробой.

8.3 Доступ для градуировки и технического обслуживания

Датчики и точки отбора пробы должны быть легкодоступными для проведения периодической градуировки, технического обслуживания и проверки выполнения требований электробезопасности. Должна быть обеспечена возможность подключения к датчикам приспособлений и контрольно-измерительного оборудования для проведения указанных работ на месте установки датчика.

Если доступ к датчику затруднен (например, когда датчик расположен высоко над полом или над механизмами), можно воспользоваться системой блоков для его опускания или применить поворотную штангу. Очевидно, что в этом случае трубки пробоотборной линии должны быть гибкими или соединяться на шарнирах. Также желательно при градуировке сохранять то пространственное положение датчика, в котором он находился на месте установки.

Если невозможно обеспечить непосредственный доступ к датчику, то, как минимум, необходимо предусмотреть какие-либо приспособления для его дистанционной градуировки.

8.4 Дополнительные рекомендации для пробоотборных линий

Пробоотборные линии, как правило, прокладывают стационарно. Даже если трубки сделаны из гибких полимерных материалов, они обычно менее гибкие, чем провода, и их труднее монтировать. Во время установки необходимо помнить, что в будущем может потребоваться их замена, например, если они сильно засорятся или повредятся. Места соединения должны быть доступны.

Пробоотборные линии должны быть как можно более короткими, поскольку время установления показаний зависит от их длины.

Чтобы защитить датчики от воздействия пыли, неопределяемых компонентов или каталитических ядов, необходимы фильтры. Как правило, в каждой точке отбора пробы необходим отдельный фильтр твердых частиц, чтобы пробоотборная линия постоянно оставалась чистой. Дополнительные устройства необходимы при наличии в пробе тумана. Часто дополнительные устройства фильтрации поставляют с газоаналитическим оборудованием.

Фильтры увеличивают время установления показаний.

Срок службы фильтров зависит от количества в пробе пыли или неопределяемых компонентов. Большое количество загрязняющих веществ в пробе может привести к сокращению сроков технического обслуживания (подробности см. в руководстве по эксплуатации).

Необходимо контролировать расход пробы через пробоотборную линию.

Материал для пробоотборных линий следует выбирать таким образом, чтобы избежать адсорбции, абсорбции или химической реакции с определяемым компонентом. Также необходимо избегать разбавления пробы по причине негерметичности в соединениях или диффузии через стенки пробоотборной трубки (для окружающего воздуха или газа — в направлении внутрь трубки и для горючего газа — в направлении наружу трубки).

Конденсация влаги может привести к закупориванию пробоотборной линии. Могут понадобиться сепараторы влаги и сборники конденсата на низких участках трубопровода вдоль всей длины пробоотборной линии. Это особенно актуально, когда пробоотборная линия проходит через участки более холодные,

чем возле точки отбора пробы (например, участки с кондиционированным воздухом в жарком влажном климате). Альтернативный подход — подогрев пробоотборной линии, о чем сказано ниже.

Также необходимо учитывать конденсацию в пробоотборной линии паров жидкости, имеющей высокую температуру вспышки, поскольку при этом снижается содержание определяемого компонента в пробе и, следовательно, показания оказываются занижены. Следующая проба с низким содержанием паров, подающаяся через эту же линию, позволит конденсату вновь испариться, что приведет к выдаче ложных, завышенных показаний газоанализатора. Чтобы свести к минимуму этот эффект, может потребоваться подогрев пробоотборной линии. Во взрывоопасных зонах, если линия обогревается электрически, оборудование для обогрева пробоотборной линии должно отвечать требованиям соответствующих норм и стандартов. Альтернативой может служить обогрев пробоотборной линии паром или горячей водой.

8.5 Обобщение рекомендаций для выбора мест установки датчиков или точек отбора пробы

Обоснование выбора мест установки датчиков должно быть отражено в технической документации (см. 8.1 и 8.10).

Примечание — Подробнее о классификации взрывоопасных зон и разбавлении газа см. ***ГОСТ Р МЭК 60079-10-1.***

Ниже представлен перечень основных факторов, составленный на основе предыдущих разделов (но не в порядке убывания приоритета), которые следует учитывать при выборе мест, подходящих для размещения датчика. Перечень включает следующие факторы (но не ограничивается ими):

a) внутри или снаружи помещений требуется установить газоанализаторы;

b) необходимо дать оценку потенциальному источнику выброса — расположение и тип возможных источников утечек газа (пара) [например, плотность газа (пара), давление в месте утечки, количество газа (пара), вытекающего в единицу времени, температура источника утечки, расстояние от датчика до источника];

c) химические и физические свойства газов (паров), присутствие которых вероятно;

d) жидкости с малой летучестью могут потребовать установки датчиков вблизи возможного источника утечки (а также установки низких порогов срабатывания сигнализации);

e) тип возможных утечек и вероятные концентрации газа (пара) (например, струя под высоким давлением, медленное просачивание, разлив жидкости);

f) наличие углублений (котлованов) и газовой струи;

g) рельеф местности;

h) движение воздуха:

1) внутри помещений: естественная вентиляция, искусственная вентиляция, конвекция;

2) снаружи помещений: скорость и направление ветра;

i) температурные эффекты;

j) условия окружающей среды на предприятии;

k) количество и места размещения технического персонала в зоне;

l) расположение потенциальных источников возгорания;

m) особенности планировки строений (такие, как стены, углубления или перегородки), которые могут способствовать скоплению пара/газа;

n) предписанные места установки;

o) датчики следует устанавливать так, чтобы при нормальной эксплуатации они не подвергались опасности механического повреждения или заливания водой;

p) датчики должны быть расположены так, чтобы их можно было легко обслуживать и градуировать.

8.6 Монтаж выносных датчиков

Для обеспечения надежной работы стационарной газоаналитической системы место установки каждого датчика должно соответствовать особенностям его применения, изложенным выше.

Периодически необходимо проводить с помощью квалифицированного персонала осмотр и техническое обслуживание, включая градуировку по ПГС. Следовательно, при установке датчиков необходимо предусмотреть доступ к ним для проведения этих работ.

Важно предварительно ознакомиться с руководством по эксплуатации и следовать приведенным в нем рекомендациям.

В ряде случаев рабочее положение датчика оговаривается изготовителем.

В состав системы должны входить устройства для отвода жидкости и (или) нагрева, чтобы уменьшить содержание влаги и предотвратить конденсацию внутри газоанализатора, в датчике или пробоотборной трубке.

Любые горючие газы, прошедшие через систему отбора пробы, должны сбрасываться безопасным способом.

Все резьбовые соединения должны быть смазаны, но предварительно необходимо удостовериться, что смазка не содержит веществ, отравляющих чувствительные элементы, — каталитических ядов (например, кремния).

Датчики должны быть соединены с соответствующими блоками управления согласно указаниям изготовителя (с учетом максимально допустимого сопротивления жилы кабеля связи, минимального сечения жилы, требований к изоляции и др.), с использованием типов проводов, кабелей и труб, подходящих по параметрам, соответствующих требованиям к механической прочности и согласованных для применения в соответствии с классификацией зоны.

Если потребитель не в состоянии решить эти задачи, работу может выполнить изготовитель оборудования или специалист, обладающий соответствующей квалификацией.

8.7 Поддержание достигнутого уровня безопасности

8.7.1 Общие положения

Когда газоаналитическая система или измерительные каналы системы неисправны или находятся в ремонте, в результате чего производственные участки предприятия не могут контролироваться должным образом, могут потребоваться дополнительные меры для сохранения безопасности на прежнем уровне. Необходимо предусмотреть такую возможность до монтажа системы.

Также важно, чтобы безопасность сохранялась на прежнем уровне, когда газоаналитическая система или ее часть становится неработоспособной во время периодической градуировки.

Дополнительные меры по сохранению уровня безопасности могут включать:

a) сигнализацию неисправности газоаналитического оборудования;

b) использование переносного и передвижного газоаналитического оборудования;

c) усиление вентиляции;

d) устранение источников воспламенения;

e) прерывание подачи горючих газов или жидкостей;

f) остановку работы предприятия или его цехов;

g) дублирование наиболее важных датчиков.

8.7.2 Дублирование в стационарных системах

Как правило, стационарная система должна быть смонтирована таким образом, чтобы отказ отдельных элементов системы или их временное изъятие для проведения технического обслуживания не повредили безопасности персонала и контролируемых объектов. На всех участках, где необходим непрерывный контроль, рекомендуется дублирование или утроение количества выносных датчиков и блоков управления. Максимально следует использовать оборудование, выход которого из строя не влечет опасных последствий для всей системы.

8.7.3 Защита от снижения напряжения в сети переменного тока

Меры защиты от снижения напряжения в сети переменного тока должны включать:

a) для сети питания переменного тока.

Источник сетевого питания должен быть спроектирован так, чтобы гарантировать бесперебойную работу газоаналитического оборудования и срабатывание аварийной сигнализации.

Отключение или неисправность линии электроснабжения должны быть обнаруживаемы. Безопасность контролируемой зоны должна сохраняться на прежнем уровне с помощью соответствующих мер.

Для питания от сети переменного тока должна быть выделена отдельная фаза, используемая только для газоаналитического оборудования, со специально промаркированным предохранителем;

b) для сети аварийного питания.

Если для сохранения работоспособности газоаналитического оборудования требуется аварийное питание, то его источник должен обеспечить аварийное питание до тех пор, пока не возобновится питание от сети переменного тока или отпадет надобность в контроле потенциальной взрывоопасности среды. Любое внешнее устройство питания должно соответствовать требованиям, установленным для зоны его предполагаемого использования (как в части условий окружающей среды, так и классификации взрывоопасных зон).

В случае отказа аварийного питания должна сработать аварийная сигнализация.

Настоятельно рекомендуется, чтобы для индикации отсутствия напряжения питания и (или) неисправности оборудования применялись контакты ***(механического или электронного реле),*** замкнутые в неактивном состоянии и размыкающиеся при возникновении неисправности.

8.8 Выбор времени для монтажа датчиков во время производства строительных работ

Монтаж датчиков при строительстве нового объекта, реконструкции или ремонте существующего следует проводить как можно ближе к окончанию строительных работ, но до того, как станет возможно появление взрывоопасных газов и паров, с тем чтобы предотвратить повреждение датчиков вследствие проведения таких работ, как сварка или покраска.

Если датчики уже смонтированы на местах установки, необходимо защитить их от загрязнения, возможного при проведении строительных работ, с помощью герметичного материала, а также следует снабдить их четкой маркировкой, предупреждающей, что датчики отключены.

8.9 Ввод в эксплуатацию

8.9.1 Осмотр

Законченную газоаналитическую систему, включая все вспомогательное оборудование, необходимо подвергать осмотру до начала использования, чтобы удостовериться, что проектное решение и монтаж выполнены должным образом и что используемые методы, материалы и компоненты соответствуют требованиям ***ГОСТ Р МЭК 60079-0.*** При осмотре необходимо обратить внимание на следующее:

a) проверить электрические соединения, убедиться, что все крепления как следует затянуты;

b) проверить отсутствие утечек в пробоотборной линии и удостовериться в соответствии расхода пробы требуемому;

c) проверить, не закупорены или не загрязнились ли огнепреградители;

d) проверить состояние аккумуляторной батареи и напряжение на ней, провести необходимое обслуживание или заменить батарею (в соответствии с руководством по эксплуатации);

e) проверить исправность цепей сигнализации и управления внешними устройствами.

На этой стадии необходимо проверить наличие полного комплекта эксплуатационной документации на систему в целом — руководства по эксплуатации, схем, а также протоколов испытаний. В этой документации должна находиться подробная информация обо всех точках установки датчиков (см. 8.2). Руководство по эксплуатации системы должно содержать подробную информацию об использовании по назначению, проверке работоспособности, градуировке системы, ее режимах работы; к нему должны прилагаться все эксплуатационные документы входящего в систему оборудования (см. 8.10).

8.9.2 Первоначальная градуировка

После монтажа каждый датчик на месте эксплуатации необходимо подвергнуть градуировке по ПГС в соответствии с руководством по эксплуатации, если только не истек срок действия первичной поверки, проведенной на предприятии-изготовителе. Градуировку должен проводить квалифицированный персонал, обладающий соответствующими знаниями.

После проведения первоначальной градуировки стационарные системы должны автоматически вернуться в режим измерения после заранее установленного интервала, без необходимости дополнительной настройки. В качестве альтернативы во время градуировки газоанализатор должен выдавать специальный сигнал (например, о техническом обслуживании), чтобы показания оборудования во время градуировки не приняли ошибочно за показания в режиме измерения.

Когда предполагается присутствие нескольких газов, следует принять дополнительные меры предосторожности, описанные в 4.3.2.1 и 6.2.2.

Для обеспечения безошибочной работы газоаналитической системы необходимо проводить периодические осмотры и градуировки.

8.9.3 Установка порогов срабатывания аварийной сигнализации

Если газоанализаторы горючих газов не имеют отсчетного устройства, значение порога аварийной сигнализации (или наименьшего порога, если имеются два или более) необходимо установить насколько возможно малым, но так, чтобы отсутствовали ложные срабатывания сигнализации.

Для этого необходимо часто проводить анализ работы газоаналитического оборудования на ранних этапах работы нового производства или новой газоаналитической системы.

Настройку порогов аварийной сигнализации проводят в соответствии с указаниями, изложенными в руководстве по эксплуатации.

8.10 Руководства по эксплуатации, схемы и протоколы

Информация об использовании по назначению, проверке работоспособности и работе стационарной газоаналитической системы должна быть доступна и входить в комплект эксплуатационной документации к системе.

В комплект документации также должны входить схемы электрических соединений, монтажные чертежи, необходимые для проведения технического обслуживания системы. Расположение всех частей сис-

темы (блоков управления, датчиков, точек отбора пробы, коробок соединительных и др.) должно быть представлено на схеме вместе с маршрутами прокладки и длинами всех кабелей, проводов и пробоотборных линий. Необходимо также включить в комплект схемы коробок соединительных и распределительных кабелей.

Особенно важно, чтобы потребитель внимательно прочитал руководство по монтажу, составленное изготовителем газоаналитического оборудования, и полностью следовал приведенным в нем рекомендациям. В комплекте документации на систему также следует хранить экземпляр руководства по монтажу.

Необходимо вносить поправки в документацию каждый раз после изменений, произведенных при монтаже системы.

Программа испытаний газоаналитической системы — чрезвычайно важный фактор, влияющий на ее надежность. Оптимальная эксплуатация системы и безотказная работа могут быть достигнуты только благодаря составлению четкой программы комплексных испытаний.

Все типы газоанализаторов требуют периодической градуировки по ПГС. Если используют датчики с ограниченным сроком службы и (или) чувствительные к отравлению (например, термокаталитические, электрохимические, полупроводниковые), то требуется регулярная градуировка газоанализаторов или по крайней мере проверка чувствительности. Периодичность проведения градуировки может быть установлена нормативными документами надзорных органов. В большинстве случаев рекомендации можно получить у изготовителя оборудования. Также частота проверок зависит от условий, в которых эксплуатируется оборудование, и лучше всего определяется на основе систематических частых проверок с документированием результатов (количества требуемых подстроек). Периодический анализ полученных результатов помогает найти оптимальные интервалы между проведением градуировки или проверки чувствительности. Если определены несколько различных интервалов, то следует выбрать наименьший из них.

Газоаналитическую систему должен часто проверять квалифицированный специалист. Проверка должна проходить в соответствии с инструкциями изготовителя и требованиями действующих нормативных документов. Следует проводить визуальный осмотр всех блоков газоаналитической системы, проверять встроенные средства тестирования и срабатывание аварийной сигнализации. Особое внимание следует уделить поиску загрязнений (например, пыли или грязи) и конденсации воды или растворителей в пробоотборных линиях и в местах установки датчиков.

В ходе эксплуатации пробоотборные линии необходимо проверять на наличие загрязнений и утечек. Самый простой способ проверить на утечки — подать ПГС с помощью пробоотборного мешка или другим путем, обеспечивающим атмосферное давление в точке отбора пробы (ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОДАВАТЬ ГАЗ ПОД ДАВЛЕНИЕМ!), и посмотреть, насколько полученные результаты совпадают с результатами градуировки, проведенной согласно указаниям руководства по эксплуатации.

Необходимо следовать указаниям, приведенным в руководстве по эксплуатации, для того, чтобы:

- периодически очищать фильтры, окна датчиков и др.;
- регулярно пополнять расходуемые материалы, например вспомогательный газ для некоторых устройств;
- поддерживать работоспособность системы.

Результаты всех проверок необходимо фиксировать в журнале.

9 Использование переносных и передвижных газоанализаторов

9.1 Общие положения

В разделе 8 показано, что требуется большой практический опыт, чтобы спроектировать и провести монтаж стационарной газоаналитической системы.

При каждом использовании переносных и передвижных газоанализаторов пользователь, по существу, выполняет множество тех же самых важных работ. Однако он, как правило, не обладает всеми необходимыми навыками.

Возникает несколько дополнительных проблем, когда пользователь арендует или берет во временное пользование переносные или передвижные газоанализаторы. Соответствующие части раздела 6 могут применяться неправильно. Пользователю может быть неизвестно, требуется ли проведение технического обслуживания и градуировки, а также просто незнаком конкретный тип газоанализатора, с которым он имеет дело.

Должностные лица, несущие ответственность за правильное использование переносных и передвижных газоанализаторов, могут действовать двумя путями, а именно:

a) организовать обучение пользователей перед началом использования газоанализаторов, ознакомить их с содержанием разделов 4 и 10 настоящего стандарта, соответствующей части раздела 5 или приложения А, а также обеспечить доступ пользователя к руководствам по эксплуатации конкретного газоаналитического оборудования;

b) придерживаться минималистского подхода, описанного в 9.3.9 как «Считал показания и беги» ("read and run"), после обучения основам работы с конкретным газоанализатором и ознакомления с мерами безопасности, касающимися конкретного случая использования газоанализатора и возможного наличия токсичных веществ. При таком подходе проверку работоспособности, градуировки и другие операции выполняет не сам пользователь, а другие специалисты.

Различные типы переносных и передвижных газоанализаторов можно применять разными способами в зависимости от особенностей конструкции и технических характеристик конкретного прибора. Важно то, что их нельзя применять без дополнительных мер предосторожности и обучения пользователя, когда точно известно, что присутствуют значительные концентрации газа, особенно если выбран вариант действий b) — «Считал показания и беги». Необходимые меры для удаления газа должны быть к этому моменту уже приняты.

Примечание — Есть несколько примеров использования газоанализаторов в среде с постоянным присутствием газов, например в угольных шахтах. Для использования газоанализаторов в таких средах требуется специальное обучение персонала.

Небольшие, носимые газоанализаторы можно использовать для обнаружения утечек или инспекционного контроля, в то время как большие по габаритам переносные газоанализаторы, некоторые со световой и (или) звуковой аварийной сигнализацией, можно использовать для многих целей, включая обнаружение утечек, инспекционный контроль и контроль воздуха рабочей зоны, в зависимости от конкретных нужд пользователя.

Передвижные газоанализаторы предназначены для временного контроля воздуха рабочей зоны, когда существует вероятность скопления потенциально взрывоопасных смесей газа или пара, например, во время погрузки или разгрузки цистерн для перевозки топлива или химических веществ или при проведении огневых работ (в связи с техническим обслуживанием оборудования) во взрывоопасных зонах. Передвижные газоанализаторы не предназначены для переноса в руках в течение длительного времени, а служат для использования на одном месте в течение нескольких часов и более.

Переносные и передвижные газоанализаторы при эксплуатации подвергаются широкому спектру климатических и механических воздействий. Пользователь должен обращать особое внимание на фактические воздействия, которым подвергаются газоанализаторы, чтобы решить, что они приспособлены к таким воздействиям, или защитить от них. Это относится не только к работе с газоанализаторами, но и к перерывам в работе с ними, например, механические удары и тряска, которым подвергаются газоанализаторы при перевозке, или сильный нагрев газоанализатора, лежащего на полке за задним сиденьем автомобиля, припаркованного на солнце.

Регулярные проверки работоспособности газоанализаторов горючих газов — важный фактор, влияющий на их надежность. Наилучшие эксплуатационные показатели и безотказная работа могут быть достигнуты только благодаря составлению четкой программы проверок оборудования. Частота проверок зависит от возможного присутствия в анализируемой среде каталитических ядов и старения, характерного для применяемого типа датчиков (см. приложение А), и может быть определена на основе опыта эксплуатации конкретного газоанализатора.

9.2 Порядок проведения первичной и периодической проверки переносных и передвижных газоанализаторов

Поскольку переносные и передвижные газоанализаторы обычно используют непостоянно, первичные и периодические проверки крайне важны, чтобы проверить готовность газоанализатора к использованию. Следует различать контроль работоспособности, проводимый в полевых условиях (проверка чувствительности), когда пользователь не должен ничего настраивать, и периодическую градуировку, когда можно производить настройку, хотя и в том, и в другом случае используют сходное оборудование. При периодической градуировке ответственность пользователя выше. Необходимо в точности следовать инструкциям изготовителя при проведении проверки чувствительности и градуировки.

Для обеспечения безопасной и надежной работы газоанализаторов периодически следует проводить градуировку, внешний осмотр и техническое обслуживание силами квалифицированных специалистов. Эти работы могут быть выполнены пользователем, изготовителем газоанализаторов или на договорной основе инженером по обслуживанию.

9.2.1 Осмотр и проверка перед использованием (проверка чувствительности)

Осмотр газоанализатора и его проверка перед использованием предназначены для подтверждения работоспособности газоанализатора. Рекомендуется, чтобы осмотры и проверки проводил персонал, который будет и дальше работать на этих газоанализаторах, а также настоятельно рекомендуется, чтобы их проводили каждый день, особенно если в состав газоанализаторов входят термокаталитические, электрохимические или полупроводниковые датчики и газоанализаторы эксплуатируются в тяжелых условиях.

Примечания

1 Руководство по эксплуатации переносных газоанализаторов, соответствующих требованиям ***ГОСТ Р 52350.29.1,*** должно содержать методику ежедневной проверки работоспособности оборудования по газовым смесям перед использованием, что оговорено в 4.4.

2 В особо ответственных случаях, когда разрешение на работу выдается после проверки работоспособности оборудования по газовым смесям, рекомендуется, чтобы по окончании работы также была проведена проверка чувствительности, а результаты обеих проверок были занесены в журнал.

Проверка может быть проведена в такой последовательности:

1) проверка напряжения аккумуляторной батареи и (или) состояния батареи;

2) проверка соответствия времени прогрева;

3) проверка отсутствия утечек в пробоотборной линии и соответствия создаваемого расхода для газоанализаторов с принудительным отбором пробы;

4) проверка нулевых показаний на чистом воздухе (см. примечание ниже);

5) проверка чувствительности.

Последние две проверки можно выполнить следующим образом.

Поместить газоанализатор, или выносной датчик, или пробоотборную линию в среду, свободную от горючих газов, прокачать пробу в достаточном количестве, чтобы продуть пробоотборную линию (только для газоанализаторов с принудительным отбором пробы). Если отмечается значительное отклонение показаний от нуля (см. примечание), то необходимо провести градуировку газоанализатора (см. 9.2.2). В некоторых газоанализаторах имеется режим автоматической проверки нулевых показаний, в котором автоматически происходит настройка нуля.

Примечание — Несмотря на то что в чистом воздухе горючие газы практически отсутствуют и, следовательно, датчик горючих газов выдаст нулевой сигнал, сигналы от других датчиков, которые могут присутствовать в том же газоанализаторе, необязательно будут нулевыми. Показания объемной доли кислорода в чистом воздухе будут равны 20,8 % или 20,9 %. В атмосферном воздухе имеется приблизительно 360 млн $^{-1}$ диоксида углерода CO_2 (больше на сильно застроенных территориях), которые вызовут соответствующие показания газоанализатора (например, 0,03 % или 0,04 % объемной доли CO_2). Также на застроенных территориях могут наблюдаться обнаруживаемые количества CO.

Чувствительность газоанализаторов следует проверять с помощью комплекта для градуировки, рекомендованного изготовителем и включающего баллон с газовой смесью известного состава, к компонентам которой чувствительны все датчики, входящие в прибор. Пользователь должен знать или его должны проинструктировать, какие показания должен выдать газоанализатор при подаче газовой смеси. Если показания газоанализатора отличаются более чем на ± 10 % от паспортных значений содержания определяемых компонентов в баллоне, необходимо провести его градуировку (см. 9.2.2).

Примечания

1 Для газоанализаторов с термокаталитическими датчиками содержание кислорода в газовой смеси должно быть не менее 10 % объемных долей.

2 Такие химически активные газы, как фтор, хлористый водород или озон, не могут быть приготовлены в баллонах под давлением.

3 Допускается использование бинарных газовых смесей для градуировки многокомпонентных газоанализаторов последовательно по каналам измерения.

Для газоанализаторов, не имеющих отсчетного устройства и предназначенных только для сигнализации, содержание определяемого компонента в поверочной газовой смеси для проверки чувствительности должно быть на 5 % НКПР выше наибольшего из порогов аварийной сигнализации. Во время проверки должны сработать все аварийные сигналы, в противном случае необходимо провести градуировку газоанализатора (см. 9.2.2).

9.2.2 Плановые проверки и градуировки

Необходимо регулярно проводить градуировку переносных и передвижных газоанализаторов, для чего необходимы специальный цех (лаборатория) и квалифицированный персонал. Малоиспользуемые

газоанализаторы также необходимо подвергать регулярному осмотру и градуировке, чтобы в случае необходимости ими можно было немедленно воспользоваться. Эти работы следует проводить в соответствии с инструкциями изготовителя и, как правило, включают следующие этапы:

a) установка механического нуля аналоговых измерительных приборов;

b) проверка крепления электрических кабелей (выносного датчика, питания и т.д.);

c) проверка соответствия времени прогрева;

d) проверка отсутствия утечек в пробоотборной линии и соответствия создаваемого расхода для оборудования с принудительным отбором пробы;

e) проверка загрязненности огнепреградителей и отсутствия их закупорки;

f) проверка напряжения аккумуляторной батареи и (или) ее состояния, проведение необходимых регламентных работ или замена аккумуляторной батареи;

g) выполнение встроенных тестов исправности оборудования;

h) проверка цепей аварийной сигнализации;

i) градуировка, состоящая из корректировки нулевых показаний при подаче чистого воздуха и корректировки чувствительности при подаче ПГС, которую можно провести следующим образом.

Поместить газоанализатор, или выносной датчик, или пробоотборную линию в среду, свободную от горючих газов, прокачать пробу в достаточном количестве, чтобы продуть пробоотборную линию (только для газоанализаторов с принудительной подачей пробы). Если отмечается значительное отклонение показаний от нуля (см. примечания к 9.2.1), то эти показания должны быть записаны, после чего необходимо откорректировать нулевые показания. В некоторых приборах имеется режим автоматической проверки нулевых показаний, в котором автоматически происходит их корректировка.

Чувствительность газоанализаторов следует проверять с помощью комплекта для градуировки, рекомендованного изготовителем и включающего баллон с ПГС, к компонентам которой чувствительны все датчики, входящие в прибор. Концентрацию горючего газа в ПГС следует выбирать такой, чтобы показания газоанализатора составляли 25 % — 75 % верхнего предела диапазона измерений, если изготовителем не указаны другие значения. Если показания газоанализатора отличаются от действительного значения концентрации определяемого компонента (указана в паспорте на ПГС), то следует записать эти показания, а затем провести корректировку чувствительности. В некоторых приборах имеется автоматическая подстройка чувствительности, которая правильно работает только при подаче определенной газовой смеси.

Примечания

1 Для газоанализаторов с термокаталитическими датчиками ПГС должна содержать объемную долю кислорода не менее 10 %. В состав ПГС для современных многокомпонентных газоанализаторов можно включать, кроме кислорода, некоторые токсичные газы для обеспечения одновременной градуировки чувствительности всех каналов измерения газоанализатора.

2 ПГС, содержащие такие химически активные вещества, как фтор, хлористый водород или озон, не могут быть приготовлены в баллонах под давлением для проверки чувствительности на месте эксплуатации.

Для газоанализаторов, не имеющих отсчетного устройства и предназначенных только для сигнализации, объемная доля определяемого компонента в газовой смеси для проверки чувствительности должна быть на 5 % НКПР выше наибольшего из порогов аварийной сигнализации. Во время проверки должны сработать все аварийные сигналы, в противном случае необходимо провести градуировку газоанализатора.

Отчеты о проверках чувствительности могут быть использованы для анализа долговременной стабильности показаний газоанализаторов в целях определения оптимальной частоты проведения градуировок.

9.2.3 Техническое обслуживание и периодическая градуировка

Работу по техническому обслуживанию может проводить только квалифицированный персонал, прошедший обучение по использованию, техническому обслуживанию и ремонту газоанализаторов горючих газов. Если эксплуатирующей организации для проверки технического состояния и проведения технического обслуживания в соответствии с рекомендациями изготовителя недостаточно контрольно-измерительного оборудования и (или) квалифицированного персонала, то для проведения указанных работ следует передать газоаналитическое оборудование изготовителю или в стороннюю организацию для проведения квалифицированного ремонта. В случае ремонта сертифицированного взрывозащищенного оборудования необходимо проконсультироваться у изготовителя относительно запасных частей.

Переносные и передвижные газоанализаторы необходимо целиком перемещать во взрывобезопасную зону для проведения осмотра и технического обслуживания.

После устранения неисправностей (ремонта или замены запасных частей в строгом соответствии с указаниями изготовителя) следует провести техническое обслуживание и градуировку.

Неисправные блоки следует:

- возвращать изготовителю;
- возвращать для ремонта в авторизованный сервисный центр изготовителя;
- ремонтировать в специальном цехе, организованном потребителем для технического обслуживания газоаналитического оборудования.

Необходимо документировать отчеты о техническом обслуживании и градуировке.

9.3 Рекомендации по применению переносных и передвижных газоанализаторов

9.3.1 Электрическая безопасность во взрывоопасных средах

Переносные и передвижные газоанализаторы должны иметь уровень и вид взрывозащиты, соответствующий классу взрывоопасной зоны, в которой планируется их применение. Во время использования переносные и передвижные газоанализаторы нельзя перемещать из зоны с меньшим риском в зону с большим риском, если только они не защищены должным образом для применения в такой зоне. К тому же группа газоанализатора и его температурный класс должны соответствовать всем газам и парам, в которых его можно применять (см. ***ГОСТ Р 51330.19***).

9.3.2 Безопасность технического персонала

Перед началом работы во взрывоопасной зоне необходимо специально проверить содержание токсичных веществ в воздухе и причины возможного недостатка кислорода в присутствии лица, ответственного за безопасность проведения работ, особенно если речь идет об ограниченном пространстве (см. также раздел 4).

Недостаток кислорода может быть вызван присутствием в воздухе токсичных веществ в опасных концентрациях.

Некоторые горючие газы (например, аммиак, сероводород) и почти все пары токсичны и даже смертельно опасны при объемном содержании, не превышающем нескольких процентов НКПР.

Если газоанализаторы горючих газов дополнительно оснащены высокочувствительными датчиками на определенные токсичные газы, следует понимать, что эти датчики обычно нечувствительны к другим токсичным веществам.

Газоанализаторы сами по себе не являются достаточной защитой от токсичных веществ, которые могут присутствовать в воздухе рабочей зоны. При определенных обстоятельствах могут понадобиться противогаз и (или) другие устройства.

Необходимо включить газоанализатор, прогреть и проверить его показания на чистом воздухе (см., например, 9.2.1) в безопасной зоне, но по мере возможности в тех же условиях окружающей среды, что и во взрывоопасной, воздух в которой необходимо контролировать.

При входе во взрывоопасную зону пользователь должен часто смотреть на показания газоанализатора, так как он может войти в зону, когда опасная ситуация уже возникла.

9.3.3 Измерения в одной точке и отбор пробы

Показания газоанализатора будут действительны только для того места, где он расположен, или для точки в начале пробоотборной линии, если такую линию используют. Взрывоопасная среда может сформироваться в нескольких метрах от точки взятия пробы. Следовательно, необходимо сделать несколько измерений или взять несколько проб газа со всех сторон планируемой рабочей зоны, чтобы удостовериться, что в рабочей зоне не присутствуют скопления взрывоопасного газа или пара.

Если существует вероятность присутствия паров, то рекомендуется сделать несколько измерений на высоте несколько миллиметров от пола, включая все расположенные поблизости углубления, используя раздвижной пробоотборный зонд или при необходимости пробоотборную линию. Такие измерения помогут выявить небольшую проблему (например, незначительную утечку жидкости) на ранней стадии.

Примечание — Следует использовать только рекомендованные изготовителем пробоотборные линии (см. примечания относительно адсорбции и химических реакций в 8.4).

Аналогично, если существует вероятность присутствия легких газов или паров (например, водорода, метана, аммиака), то рекомендуется взять несколько проб возле потолка или, по крайней мере, так высоко, насколько это практически возможно.

Показания газоанализатора действительны только на тот момент, когда они считаны. Обстановка постоянно изменяется. Рекомендуется частое снятие показаний, особенно если могут присутствовать жидкости и отмечается повышение температуры.

Пробоотборный зонд должен быть изготовлен из изоляционного материала, и зонд, и пробоотборная линия должны быть сухими, если существует вероятность контакта с оборудованием, подключенным к сети переменного тока.

9.3.4 Отбор проб над поверхностью жидкости

При взятии пробы пара над поверхностью жидкости следует избегать контакта пробоотборной линии или датчика с жидкостью, поскольку она может перекрыть доступ газа к газоанализатору, повредить устройства отбора пробы или датчик, что приведет к ошибочным показаниям газоанализатора. Для предотвращения попадания воды в датчик следует использовать гидрофобный фильтр или другой, дающий тот же эффект. Применение пробоотборного зонда с боковым входным отверстием и прочным наконечником предотвратит втягивание жидкости в пробоотборную линию.

Если на газоанализатор или устройство отбора пробы попала жидкость, их следует считать негодными к применению, пока жидкость не будет полностью удалена.

9.3.5 Меры по предотвращению конденсации

При перемещении переносного газоанализатора из прохладной среды в теплую необходимо дать ему достаточное время, чтобы его температура повысилась, и таким образом избежать конденсации пара, которая может послужить причиной загрязнения датчика и (или) привести к ошибочным показаниям при измерении.

Насыщенный пар может закупорить огнепреградители некоторых типов датчиков, что сделает газоанализатор неработоспособным.

9.3.6 Отравление датчиков

Если переносной многокомпонентный газоанализатор содержит датчики для определения низких концентраций токсичных газов (например, сероводорода, аммиака и хлора), то градуировка датчиков токсичных газов может вызвать уменьшение чувствительности некоторых типов датчиков горючих газов, в частности термокаталитических. Следует применять только ПГС и методику градуировки, предписанные изготовителем. Если при контроле воздуха рабочей зоны многокомпонентным газоанализатором срабатывала аварийная сигнализация по какому-либо из каналов токсичных газов, то необходимо проверить чувствительность датчика горючих газов перед дальнейшим использованием газоанализатора.

Если вероятно присутствие в атмосфере веществ, отравляющих датчики (например, силиконов, этилированного бензина, кислот и др.), необходимо чаще проверять чувствительность термокаталитических, электрохимических и полупроводниковых датчиков (см. 9.2.1).

9.3.7 Изменения температуры

При повышении температуры, когда испаряемость жидкостей возрастает, необходимо проводить измерения чаще с учетом того факта, что объемное содержание пара в воздухе может удваиваться при повышении температуры на каждые 10 °С.

9.3.8 Случайное повреждение

Если переносной или передвижной газоанализатор упал или получил повреждения другим путем, то могут быть повреждены элементы, обеспечивающие его взрывозащищенность и (или) технические характеристики. В этом случае следует немедленно отключить газоанализатор, провести его тщательный осмотр, выполнить в случае необходимости ремонт и отградуировать перед повторным использованием.

9.3.9 Минимальные действия — принцип «Считал показания и беги»

Безопасность возрастает, если обращать внимание на незначительные изменения показаний, а не полагаться всецело на аварийную сигнализацию, которая всегда срабатывает при несколько более высоких значениях показаний.

Пользователь не должен проводить измерения в среде, где фактически присутствуют или ожидается присутствие высокого содержания горючих газов или паров, без всесторонней подготовки.

Погрешность измерения не важна, пока оборудование успешно проходит проверку чувствительности: задача пользователя не проводить измерения, его цель — безошибочно обнаружить присутствие в атмосфере горючего газа.

Пользователь, работающий во взрывоопасной зоне, может не быть хорошо знаком со свойствами взрывоопасных газов и вредным воздействием окружающей среды. В подобных случаях пользователь должен руководствоваться принципом «Считал показания и беги».

Согласно этому принципу основными действиями являются:

a) наблюдение за показаниями на чистом воздухе, в условиях, насколько возможно более приближенных к условиям, которые встретятся в контролируемой среде, особенно это касается температуры и влажности окружающей среды.

Примечание — Также важна высота над уровнем моря: изменение высоты на 100 м может привести к изменению показаний датчика кислорода;

b) корректировка нулевых показаний на чистом воздухе или, если это не разрешено или практически невыполнимо, запись полученных в чистом воздухе показаний;

c) если при входе в опасную зону показания газоанализатора изменились относительно показаний в чистом воздухе, то это и будут «точные показания»;

d) если вы увидели такие показания — уходите из зоны, это и есть «Считал показания и беги»;

e) поставьте в известность ответственное лицо, которое обеспечит тщательное исследование обстановки силами квалифицированного персонала с соблюдением необходимых мер предосторожности.

10 Обучение технического персонала

10.1 Общие положения

Обучение должны пройти как специалисты по техническому обслуживанию газоанализаторов, так и персонал, использующий в работе показания газоанализаторов. Существует различие между подготовкой пользователя (оператора) и подготовкой специалиста по техническому обслуживанию, поскольку пользователь оборудования, как правило, не несет ответственности за его техническое обслуживание. Необходимо сразу разграничить роли этих специалистов.

Также необходимо обучение основным ограничениям, диктуемым условиями окружающей среды и характеристиками оборудования, и обучение основам безопасности для всех лиц, которые сами работают или несут ответственность за работу других людей во взрывоопасной зоне.

Обучение может проводиться квалифицированными специалистами организации, эксплуатирующей газоаналитическое оборудование, или на семинарах, проводимых изготовителем этого оборудования.

Должны быть приобретены и доступны для обучающегося персонала печатные материалы изготовителя оборудования.

Обучение персонала должно отражать фактическую рабочую обстановку и давать ясное представление об ответственности заинтересованных лиц.

Настоятельно рекомендуется периодически повторять обучение персонала и проводить проверку знаний.

Отчеты о проведенном обучении и результатах проверки знаний следует хранить в течение установленного времени.

10.2 Общая подготовка. Основные ограничения и безопасность

Для проведения общей подготовки можно воспользоваться в качестве базы некоторыми частями раздела 4 настоящего стандарта, относящимися к особенностям размещения и применения газоанализаторов, в совокупности с разделами эксплуатационной документации, относящимися к действиям персонала.

Обязательный минимум информации об ограничениях при применении газоаналитического оборудования должен содержать следующие сведения:

a) газоанализаторы горючих газов способны определить только те газы или пары, которые присутствуют в непосредственной близости от детектора (или на оптической оси трассовых газоанализаторов);

b) газоанализаторы горючих газов способны обнаружить только те пары, которые не конденсируются при рабочей температуре датчика или оборудования для отбора пробы, если такое применяется;

c) когда температура вспышки жидкости значительно превышает значение температуры окружающей среды, концентрация ее паров будет низкой, не более единиц процентов НКПР;

d) газоанализаторы горючих газов не могут обнаружить как таковые горючие жидкости или горючие туманы, пыль или волокна;

e) многие типы газоанализаторов горючих газов имеют разные значения чувствительности к различным газам. Если градуировка газоанализатора проведена по ПГС одного компонента, а используется он для определения другого, то увеличение показаний газоанализатора укажет на увеличение содержания газа, но эти показания не будут соответствовать его действительному содержанию;

f) беспорядочные показания могут свидетельствовать о неисправности газоанализатора или о наличии атмосферных возмущений. В случае сомнения следует перепроверить данные с помощью второго газоанализатора и (или) провести проверку работоспособности первого при контролируемых условиях перед тем, как продолжить им пользоваться;

g) редко случающееся или постоянное присутствие определяемого газа в небольших концентрациях вызовет показания, которые можно принять за дрейф нуля. В случае сомнения следует проверить показания оборудования на чистом воздухе;

h) если показания переносного газоанализатора выходят за пределы диапазона измерений при движении в любом направлении, то следует предположить присутствие потенциально взрывоопасной среды до тех пор, пока не будет доказано обратное (например, с помощью проверки вторым прибором или проверки нулевых показаний на чистом воздухе и чувствительности по поверочной газовой смеси);

i) некоторые горючие газы и все пары (за исключением водяного) токсичны уже при незначительном содержании в воздухе. Необходимо учитывать возможную токсичность среды и принимать необходимые меры предосторожности;

j) в замкнутом пространстве может наблюдаться недостаток кислорода, который, в свою очередь, может быть вызван наличием токсичных веществ. Вход в замкнутое пространство является специализированной операцией и требует особой подготовки;

k) при отборе пробы из замкнутого пространства сильный недостаток кислорода в пробе может привести к тому, что наиболее распространенные типы газоанализаторов горючих газов будут выдавать ошибочные показания.

10.3 Подготовка пользователей (операторов)

В простейшем случае для пользователей переносных газоанализаторов достаточно пройти обучение действиям по принципу «Считал показания и беги» (см. 9.1 и 9.3.9). Этот подход, однако, требует, чтобы специалист, руководящий такими пользователями, был достаточно подготовлен, чтобы нести ответственность за их безопасность в особой обстановке, в которой пользователи, возможно, будут работать.

Для опытных пользователей переносных газоанализаторов и для операторов, работающих со стационарными системами, обучение должно быть построено так, чтобы обеспечить понимание принципов работы оборудования, навыки работы с ним, знание рабочих условий окружающей среды и работы системы в целом. Необходимо показать оператору, как проводить визуальный осмотр и проверку работоспособности, сообщить ему, к кому необходимо обращаться при возникновении подозрений в неисправности оборудования.

Особенно важно, чтобы оператору были даны инструкции по действиям в случае срабатывания аварийной сигнализации при превышении установленных порогов.

Периодически, например раз в год, необходимо проводить повторное обучение и проверку знаний. Это жизненно важно для тех объектов, где срабатывание сигнализации происходит редко.

До ввода в эксплуатацию стационарных систем или до начала использования переносных газоанализаторов должны быть разработаны инструкции, устанавливающие порядок действий персонала при срабатывании аварийной сигнализации, при подозрении на неисправность оборудования и другие меры безопасности.

10.4 Подготовка специалистов по техническому обслуживанию

Подготовка специалистов по техническому обслуживанию предназначена для лиц, отвечающих за проведение осмотров оборудования, его техническое обслуживание и градуировку. Для выполнения этих задач необходима вся информация, содержащаяся в эксплуатационной документации, включая понимание принципов работы датчиков. Документация изготовителя — основная база учебного курса.

11 Техническое обслуживание — плановые мероприятия и общее административное руководство

11.1 Общие положения

Регулярное техническое обслуживание любой газоаналитической системы является чрезвычайно важным фактором, влияющим на надежность отдельных блоков системы. Наилучшие эксплуатационные показатели системы и ее безотказная работа могут быть достигнуты только благодаря грамотному управлению, ставящему во главу угла программы полного, всестороннего технического обслуживания.

Руководство такой программой зависит от четкого распределения обязанностей на всех этапах (например, кто отвечает за проведение проверок на месте эксплуатации, кто — за периодическую градуиров-

ку, кто — за техническое обслуживание) и от гарантии того, что задействованный персонал имеет соответствующую подготовку и периодически проходит повторное обучение и проверку знаний. В обязанности руководства также входит установление эксплуатационных ограничений (например, определение допустимого ухода показаний при проверках в процессе эксплуатации, выше которого проведение градуировки обязательно, определение периодов градуировок и технического обслуживания и т.д.).

Необходимо вести учет всех осмотров, проверок работоспособности, поверок и других работ, проводимых с газоаналитической системой. Компьютерные программы предоставляют превосходное средство хранения отчетной документации по работе системы, в частности информации о проведенных градуировках. В приложении D можно найти типовой образец отчета о техническом обслуживании.

Газоанализаторы должны обладать индивидуальными идентифицирующими признаками. На переносных и передвижных газоанализаторах необходимо наносить маркировку (например, закрепить этикетку), содержащую дату последней градуировки и дату очередной градуировки в соответствии с утвержденным графиком.

Газоанализаторы горючих газов и газоаналитические системы разнообразны — от переносных приборов, которые берут с собой в места, где предполагается присутствие в воздухе горючих газов, до стационарных систем, при применении которых возможно, что в течение всего их срока службы повышение содержания горючих газов не будет зафиксировано.

Неудовлетворительное техническое обслуживание, неправильная настройка нулевых показаний и в случае переносных газоанализаторов разряженная аккумуляторная батарея — все это причины ошибочных показаний. Важно помнить, что ошибочные показания и неисправности газоанализаторов или систем могут оказаться неочевидными, и, следовательно, обнаружение газов является всего лишь частью общей стратегии защиты технологического оборудования и персонала.

Достоверность результатов измерений зависит от использованной при градуировке ПГС. Все типы газоанализаторов — переносные, передвижные или стационарные (включая как газоанализаторы с выносными датчиками, так и трассовые газоанализаторы) — следует периодически градуировать с использованием ПГС, рекомендованной изготовителем.

Если необходимо определить присутствие в воздухе нескольких газов, то чувствительность газоанализатора к этим газам следует периодически проверять с использованием соответствующих ПГС.

Градуировку следует выполнять регулярно, отчеты о градуировках каждого газоанализатора или измерительного канала газоаналитической системы необходимо сохранять.

Период проведения проверок и градуировок зависит от многих факторов, в том числе от типа газоанализаторов (переносные, передвижные или стационарные), используемого метода измерения, преобладающих условий окружающей среды, имеющегося опыта эксплуатации и фактических данных по надежности.

Рекомендации, касающиеся градуировки газоанализаторов:

1) газоанализаторы необходимо регулярно осматривать на наличие возможных неисправностей, повреждений и иных дефектов;

2) градуировку газоанализаторов необходимо проводить в соответствии с инструкциями изготовителя с помощью рекомендованного набора приспособлений и контрольно-измерительных приборов (см. 8.10);

3) стационарные газоанализаторы должны быть отградуированы при пусконаладочных работах и впоследствии должны проходить периодические градуировки и поверки. Для вновь введенного оборудования необходимо с осторожностью подходить к установлению периодичности градуировки, начиная, может быть, с еженедельной градуировки и, возможно, переходя затем к ежемесячной, по мере того, как с опытом эксплуатации растет уверенность в установленном оборудовании на основании отчетов о проведенном техническом обслуживании;

4) для переносных газоанализаторов следует часто выполнять проверку чувствительности (см. 9.2.1) или градуировку (см. 9.2.2). В тяжелых условиях эксплуатации или в ситуации, когда неизвестен возможный состав анализируемой среды, а также в том случае, когда газоанализаторы используют редко, проверку чувствительности и при необходимости градуировку необходимо проводить непосредственно перед каждым случаем использования. Когда необходимо оформить разрешение на работу во взрывоопасной зоне, сильным аргументом становятся проверка чувствительности после проведения измерений во взрывоопасной зоне и документирование полученных результатов. В менее жестких условиях следует использовать приведенные в пункте 3) рекомендации для стационарных газоанализаторов.

Примечание — Руководство по эксплуатации переносных газоанализаторов, соответствующих требованиям ***ГОСТ Р 52350.29.1,*** должно содержать методику ежедневной проверки работоспособности оборудования по газовым смесям перед использованием, что оговорено в 4.4;

5) если вероятно присутствие в анализируемой среде нескольких газов, газоанализаторы должны быть отградуированы по ПГС того газа, к которому они наименее чувствительны.

Примечание — Допускается использовать для градуировки ПГС, содержащую горючий газ, отличный от определяемого компонента, если при градуировке можно сделать соответствующую поправку, учитывающую разницу в чувствительности определяемого и поверочного компонентов. Однако если одним из определяемых газов является метан, следует использовать ПГС метана в воздухе.

Для того чтобы гарантировать соответствие взрывозащищенного оборудования сертификату, любой ремонт или техническое обслуживание, затрагивающие средства взрывозащиты, следует проводить в соответствии с комплектом инструкций и чертежей, полученных от владельца сертификата. Желательно передавать газоанализаторы для ремонта владельцу сертификата.

Примечания

1 Во многих странах юридическая ответственность за соответствие отремонтированного оборудования требованиям сертификата лежит на владельце (пользователе) этого оборудования.

2 Должны быть выполнены требования ***ГОСТ Р 52350.19.***

Газоанализаторы, подлежащие градуировке или техническому обслуживанию, следует хранить отдельно от прошедших техническое обслуживание и градуировку и готовых к использованию.

Запасные части при хранении могут прийти в негодность вследствие нарушения условий хранения или истечения срока хранения и их всегда следует проверять перед использованием, в частности, необходимо с особой осторожностью обращаться с поверхностями оптических деталей.

11.2 Регламентные проверки

Описываемые ниже осмотры и проверки следует регулярно проводить для поддержания надежной работы газоаналитического оборудования.

Примечание — Если текущее состояние оборудования неизвестно, то оно должно быть установлено до начала проведения регламентных работ.

11.2.1 Стационарные системы

a) Регулярный внешний осмотр.

Необходимо производить регулярный осмотр панели управления (например, один раз за смену). Отчеты, составленные при каждой проверке, включая все обнаруженные проблемы, должны быть подписаны, датированы и подшиты. Обнаруженные неисправности следует немедленно устранить;

b) регулярная проверка устройств сигнализации.

Необходимо регулярно проверять пульт управления и пульт аварийной сигнализации, включая их, чтобы убедиться, что освещение, аварийная сигнализация и соответствующая электронная аппаратура работают должным образом. Объем этих проверок сильно зависит от типа используемого оборудования. Обнаруженные неисправности следует немедленно устранить,

c) периодическая градуировка и проверка работоспособности системы.

Эти работы являются жизненно важными для обеспечения надежности системы. В многоканальных системах необходимо провести градуировку каждого датчика, проверив при этом передачу сигналов от датчиков к блокам управления. Результаты проверки необходимо документировать, чтобы иметь достоверные данные о конфигурации системы, ее особенностях, сроке службы компонентов и т.д. Эти действия помогут предотвратить возможные проблемы до их разрастания.

В системах, состоящих из одного газоанализатора и нескольких пробоотборных линий, необходимо провести градуировку газоанализатора и проверку его цепей аварийной сигнализации. Дополнительно необходимо проверить целостность системы отбора пробы и каждой по отдельности пробоотборной линии путем подачи ПГС (при атмосферном давлении!) непосредственно на вход каждой линии, убедившись при этом, что показания газоанализатора практически не отличаются от показаний при подаче той же смеси непосредственно на вход газоанализатора. Самый простой способ подать газ при давлении, равном атмосферному, — использовать тонкие пластиковые пробоотборные мешки. Газ из баллона под давлением необходимо подавать через регулятор расхода, при этом расход надо установить более высоким, чем расход пробы, избыток газа сбрасывать в атмосферу.

Примечание — Это наиболее важная проверка системы, которая должна быть проведена перед вводом в эксплуатацию и систематически проводиться повторно. Методику проверки можно получить у изготовителя;

d) составление отчета о техническом обслуживании.

В приложении D можно найти образец типового протокола о техническом обслуживании.

11.2.2 Переносные и передвижные газоанализаторы

a) Внешний осмотр:

1) проверить газоанализаторы на наличие нарушений работоспособности: сбои в работе, неисправность сигнализации, отсутствие нулевых показаний на чистом воздухе и т.д;

2) убедиться, что газопроницаемая мембрана датчика или огнепреградитель не загрязнены, на них нет каких-либо покрытий, которые могут создать препятствия для доступа газа или пара к чувствительному элементу датчика. Убедиться, что значение расхода, создаваемого устройством отбора пробы, соответствует установленному значению;

3) в устройстве отбора пробы осмотреть газовые линии и их соединения. Трубки и фитинги с трещинами, вмятинами, гнутые и с другими повреждениями следует заменить на запасные части, рекомендованные изготовителем;

b) проверка чувствительности.

Необходимо выполнить по крайней мере проверку чувствительности на месте эксплуатации (см. 9.2.1) или градуировку (см. 9.2.2). Каждая операция предусматривает выполнение следующих действий:

1) убедиться, что при подаче нулевого газа показания газоанализатора близки к нулю; при отсутствии нулевого газа в случае проверки газоанализатора с термокаталитическим датчиком допускается временно изолировать чувствительный элемент от доступа атмосферного воздуха;

2) подать ПГС на газоанализатор, следуя инструкциям, приведенным в руководстве по эксплуатации.

Проверка чувствительности на месте эксплуатации отличается от градуировки тем, что в первом случае допустимое отклонение показаний при подаче ПГС определяет специалист, проводящий проверку, при этом чувствительность не регулируется, хотя подстройка нулевых показаний может быть разрешена. Такую проверку с успехом может провести пользователь (оператор).

Градуировку следует выполнять периодически, в соответствии с составленным графиком, а также если отклонение показаний при проверке чувствительности на месте эксплуатации превышает допустимое. Ответственность за выполнение градуировки может быть возложена на персонал, занимающийся техническим обслуживанием;

c) составление отчета о техническом обслуживании.

В приложении D можно найти образец типового отчета о техническом обслуживании.

11.3 Техническое обслуживание

11.3.1 Общие положения

Работы по техническому обслуживанию не должны ставить под угрозу безопасность в контролируемой зоне.

К работам по техническому обслуживанию газоанализаторов допускаются лица, прошедшие обучение использованию по назначению, техническому обслуживанию и ремонту газоанализаторов.

Если у пользователя недостаточно оборудования или квалифицированного персонала для проведения технического обслуживания в соответствии с рекомендациями изготовителя, необходимо обратиться к изготовителю или в квалифицированную сервисную службу.

Полные и подробные инструкции по проверке работоспособности газоанализаторов и замене сменных элементов можно получить у изготовителя. Перечень запасных частей приводят в руководстве по эксплуатации.

После устранения любой неисправности (ремонта или замены запасных частей, выполненных строго в соответствии с инструкциями изготовителя) необходимо провести корректировку нуля и чувствительности по ПГС, как описано в 11.8.

11.3.2 Стационарные газоанализаторы

Ремонт и техническое обслуживание стационарных газоанализаторов (включая системы с выносными датчиками, трассовые газоанализаторы, их комбинацию, а также системы отбора пробы) следует проводить под контролем. Неисправное оборудование должно быть передано для ремонта в цех, расположенный за пределами взрывоопасной зоны. Если отсутствует точно такой же газоанализатор для замены отправленного в ремонт, то в качестве временной замены можно использовать передвижной газоанализатор.

11.3.3 Переносные и передвижные газоанализаторы

При использовании переносных и передвижных газоанализаторов необходимо помнить, что для ремонта и проверки исправности во взрывобезопасную зону газоанализаторы должны быть доставлены комплектно.

11.3.4 Ремонт газоанализаторов — общие положения

Неисправные газоанализаторы следует:

- возвращать изготовителю;
- возвращать в авторизованный сервисный центр изготовителя;
- ремонтировать в специализированном цехе, оборудованном пользователем для технического обслуживания газоаналитического оборудования;
- навсегда изъять из эксплуатации.

11.3.5 Порядок действий при техническом обслуживании

11.3.5.1 Общие положения

Ввиду разнообразия существующих газоанализаторов нецелесообразно в настоящем стандарте подробно расписывать каждый этап технического обслуживания, ремонта и градуировки. Далее приведен лишь перечень основных действий, которые следует выполнять при любом техническом обслуживании.

11.3.5.2 Порядок действий

Если газоанализаторы переданы в цех для проведения планового технического обслуживания, мероприятия по техническому обслуживанию должны быть проведены полностью. Если причиной передачи газоанализатора является неисправность, следует зафиксировать описание неисправности и провести только те операции технического обслуживания, которые относятся к этой неисправности. Но все газоанализаторы после ремонта должны быть отградуированы по ПГС до передачи в эксплуатацию.

11.3.5.3 Отчетность

Перед проведением технического обслуживания необходимо ознакомиться с записями о ранее проведенных работах. В приложении D можно найти образец типового отчета о техническом обслуживании.

11.3.5.4 Неисправность

При поступлении на техническое обслуживание неисправного газоанализатора сначала необходимо проверить, не является ли дефект электропитания (например, неправильная установка регулируемого напряжения или неисправность зарядного устройства для аккумуляторных батарей) основной причиной неисправности, а затем продолжать работы.

11.3.5.5 Замена (ремонт)

После проверки электропитания следует приступить к проверке чувствительных элементов датчиков, датчиков расхода в устройстве отбора пробы и устройств сигнализации, определяя причины неисправности и устраняя их. Необходимо руководствоваться инструкциями изготовителя, чтобы решить, заменить ли весь узел или отремонтировать его, заменив поврежденную деталь. Поврежденная деталь должна быть заменена на идентичную, соответствующую техническим требованиям и допускам на оригинальную деталь.

11.4 Датчики

11.4.1 Общие положения

Необходимо регулярно проводить замену чувствительных элементов датчика, придерживаясь сроков, указанных изготовителем газоанализатора, с учетом времени, прошедшего от последней замены, времени использования оборудования в полевых условиях, а также оценки чувствительности, проведенной при последней градуировке по ПГС. Также желательно, чтобы работоспособность датчиков проверяли после воздействия горючих газов с высокими концентрациями, сильных ударов или механической вибрации.

11.4.2 Огнепреградитель

Если огнепреградитель является частью конструкции датчика, то следует проверять надежность его подсоединения, признаки коррозии, пыли или влаги. При очистке или замене необходимо руководствоваться инструкциями изготовителя.

11.5 Устройства отбора пробы

Этот пункт применим только к газоанализаторам с принудительным отбором пробы.

11.5.1 Общие положения

Необходимо проверить устройство отбора пробы на наличие утечек, отсутствие посторонних предметов в трубках или сужений поперечного сечения; правильную работу груши для всасывания или электрического побудителя расхода. Очистку, ремонт или замену следует проводить в соответствии с инструкциями изготовителя. Причиной утечки может оказаться диафрагма насоса, имеющая трещины или другие повреждения, или поршневые кольца в зависимости от типа применяемого насоса.

11.5.2 Фильтры, ловушки для воды и огнепреградители

Все фильтры, ловушки и огнепреградители необходимо освободить от содержимого, очистить или заменить в соответствии с инструкциями изготовителя.

11.5.3 Пробоотборный зонд

Необходимо осмотреть пробоотборный зонд на наличие отложений посторонних веществ и принять меры для предотвращения их дальнейшего появления.

11.5.4 Соединения трубопроводов

Все соединения трубопроводов должны быть плотно затянуты в соответствии с инструкциями изготовителя.

11.5.5 Съемные детали

Все клапаны и съемные детали насоса следует смазывать только в соответствии с инструкциями изготовителя.

Примечание — Как правило, силиконовые смазки не используют для этих целей; допустимость применения тех или иных смазок необходимо подтвердить у изготовителя.

11.5.6 Автоматические системы отбора пробы

Необходимо установить заданное значение расхода в автоматических системах, используя рекомендованное контрольно-измерительное оборудование.

11.5.7 Сигналы о неисправности

Необходимо проверить работу схем, выдающих сигнал о снижении расхода ниже допустимого значения.

11.6 Отсчетные устройства

11.6.1 Общие положения

Для оборудования с отсчетным устройством необходимо выполнить следующие действия:

a) осмотреть отсчетные устройства на наличие разбитых или треснувших стекол;

b) осмотреть аналоговые отсчетные устройства на наличие дефектов (например, искривленные стрелки, болтающаяся шкала и т.д.);

c) осмотреть цифровые отсчетные устройства на наличие дефектов (например, несветящиеся или слабосветящиеся сегменты и т.д.);

d) провести другие электрические и механические проверки отсчетных устройств, которые изготовитель считает необходимыми для обеспечения работоспособности газоанализатора.

11.6.2 Другие отсчетные устройства

Другие отсчетные устройства или выходные сигналы (например, сигналы аварийной сигнализации) следует проверять в соответствии с инструкциями изготовителя.

11.7 Аварийная сигнализация

Работу аварийной сигнализации необходимо проверять путем смещения электрического нуля до срабатывания сигнализации (или другим методом, рекомендованным изготовителем). Работу самодиагностики неисправностей следует проверять путем отсоединения составных частей (или других действий, рекомендованных изготовителем) и наблюдения, сработает или нет сигнализация неисправности.

11.8 Градуировка в лабораторных условиях и контрольно-измерительные приборы

11.8.1 Оборудование и приспособления для градуировки

Все ПГС и вспомогательное оборудование для проведения градуировки должны обладать соответствующими характеристиками для обеспечения надежных результатов градуировки. Основными компонентами набора оборудования для градуировки являются:

a) ПГС в баллоне под давлением. Как правило, содержание определяемого компонента в ПГС находится в пределах от 25 % до 90 % верхнего предела диапазона измерения газоанализатора. Баллон может иметь специальную обработку внутренней поверхности, если ПГС имеет многокомпонентный состав и предназначена для одновременной градуировки датчиков горючих и токсичных, химически активных, газов;

b) в ряде случаев для газоанализаторов, предназначенных для определения горючих паров, трудно обеспечить стабильность ПГС в баллонах под давлением или в сосуде с низким давлением. В таких случаях изготовитель должен предоставить данные по относительной чувствительности, что позволит использовать более доступные газовые смеси для проведения градуировки;

c) для уменьшения давления на входе в газоанализатор на баллон с ПГС необходимо устанавливать редуктор, который может быть как с фиксированным, так и с регулируемым давлением на выходе. Во многих случаях ПГС не следует подавать на газоанализатор при избыточном давлении, и тогда дополнительно может понадобиться регулятор расхода для того, чтобы установить значение расхода в соответствии с указаниями изготовителя;

d) для газоанализаторов с принудительным отбором пробы традиционным методом, обеспечивающим подачу газа при атмосферном давлении, что соответствует условиям эксплуатации, является применение пластикового пробоотборного мешка, наполненного ПГС. В качестве альтернативы можно установить на выходе регулятора расход больший, чем отбирает устройство отбора пробы, а излишек ПГС сбрасывать в атмосферу. В настоящее время доступны регуляторы давления со встроенным регулятором расхода, что оговаривается при заказе;

e) для подачи ПГС на газоанализатор с диффузионным отбором пробы и некоторые газоанализаторы с принудительным отбором используют регуляторы с фиксированным расходом и механическим индикатором расхода или настраиваемые регуляторы, оборудованные датчиком расхода;

f) как правило, для подачи ПГС на газоанализаторы с принудительным отбором пробы требуется только трубка. Для газоанализаторов с диффузионным отбором необходимы специальные устройства для подачи ПГС — адаптеры. Они разрабатываются изготовителем газоанализаторов и служат для того, чтобы ПГС окружала датчик (датчики) и не позволяла проникнуть окружающему воздуху. Но, что более важно, конструкция адаптера в сочетании с определенным расходом ПГС создает условия, при которых сигнал датчика оказывается в точности такой же, как и при диффузионном отборе пробы из анализируемой среды соответствующего состава;

g) поверхности газового канала оборудования для градуировки и соединительные трубки не должны адсорбировать компоненты ПГС и должны быть устойчивы к коррозии. Для этой цели могут потребоваться специальные материалы, особенно когда в состав газоанализатора входят датчики таких химически активных веществ, как H_2S или Cl_2;

h) некоторые современные переносные газоанализаторы со встроенными микропроцессорами и каналами передачи данных комплектуются специализированными градуировочными устройствами, также имеющими канал передачи данных, через который на компьютер передаются сообщения о результатах градуировки. Они также могут выдавать показания, основанные на данных по относительной чувствительности, таким образом, оборудование, градуированное по метановоздушной смеси, будет показывать концентрацию, например, пентана;

i) в других случаях, особенно это касается стационарных газоанализаторов, используют портативный пульт управления с каналом передачи данных, с помощью которого можно подключиться к газоанализатору и провести необходимые настройки;

j) корректировка чувствительности в последних двух случаях происходит программно, поэтому необходимо применять только ПГС, указанную изготовителем газоанализатора, подавая ее с рекомендованным расходом.

С учетом всего многообразия вариантов при выборе ПГС и оборудования, необходимого для градуировки столь сложных газоанализаторов, первым, и возможно единственным, вариантом будет оборудование, рекомендованное изготовителем для каждой конкретной модели газоанализатора.

11.8.2 Проведение градуировки в лабораторных условиях

11.8.2.1 Общие положения

Оборудование для градуировки следует выбирать в соответствии с рекомендациями, приведенными в 11.8.1 настоящего стандарта.

11.8.2.2 Газовые смеси

Проверку по газовым смесям необходимо проводить в проветриваемом помещении, использованные газовые смеси сбрасывать за пределы помещения.

11.8.2.3 Стабилизация

Газоанализаторы должны быть выдержаны в помещении, где будут проводить градуировку, до достижения температурного равновесия, после чего необходимо подготовить газоанализаторы к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

11.8.2.4 Регулировка нулевых показаний

Регулировку нулевых показаний обычно проводят на чистом воздухе или, когда невозможно гарантировать его чистоту, при подаче нулевого газа (обычно это сухой воздух) из баллона под давлением. При этом используют оборудование, описанное в 11.8.1.

11.8.2.5 Регулировка чувствительности

Необходимо подать ПГС на газоанализатор и зафиксировать его показания. При необходимости установить значения показаний равными паспортному значению содержания целевого компонента в ПГС. В ряде случаев эта установка выполняется автоматически. После этого следует подать нулевой газ и убедиться, что показания вернулись к нулю. Может возникнуть необходимость повторить операции регулировки нуля и чувствительности, если в оборудовании эти регулировки влияют друг на друга.

11.8.2.6 Проверка аварийной сигнализации

Необходимо убедиться, что аварийная сигнализация сработает, когда содержание определяемого компонента достигнет порогового значения. Необходимо следовать рекомендациям изготовителя при выборе ПГС для градуировки газоанализаторов, имеющих аварийную сигнализацию, так как содержание определяемого компонента в ПГС должно превышать установленный порог срабатывания аварийной сигнализации (чтобы гарантировать ее срабатывание).

11.8.2.7 Отчет о техническом обслуживании

Градуировка является последней операцией, выполняемой перед передачей газоанализатора в эксплуатацию. Рекомендуется, чтобы данные о градуировке заносились в отчет о техническом обслуживании газоанализатора. Отчет о техническом обслуживании (или заменяющий его документ) должен быть дополнен при следующей передаче газоанализатора для прохождения технического обслуживания. В приложении D можно найти образец типового отчета о техническом обслуживании.

Приложение А
(обязательное)

Принципы измерения

Описания принципов действия различных типов датчиков приведены в настоящем приложении более подробно, чем в разделе 5, и предназначены для инженеров и лиц, ответственных за выбор, разработку и установку газоанализаторов, а также для лиц, проводящих обучение. В настоящем приложении описаны преимущества, типичные применения и ограничения девяти универсальных типов газоанализаторов. Ограничения по применению включают влияние неопределяемых компонентов, а также веществ, вызывающих потерю чувствительности датчиков (каталитических ядов).

Термокаталитические датчики (см. А.1) и анализаторы температуры пламени (см. А.7) по своему принципу действия предназначены для определения горючих газов. Другие датчики, описанные в настоящем приложении, предназначены для определения как горючих, так и негорючих газов, их принцип действия основан на различных физических и химических свойствах этих газов.

Для удобства читателя данные таблицы А.1 полностью соответствуют данным таблицы 1 раздела 5, изменены лишь ссылки на пункты согласно настоящему приложению.

Таблица А.1

	Термокаталитический датчик	Термокондуктометрический датчик	Инфракрасный датчик	Полупроводниковый датчик	Электрохимический датчик	Пламенно-ионизационный датчик	Анализатор температуры пламени	Фотоионизационный датчик	Парамагнитный датчик кислорода
Подробности в подразделе	А.1	А.2	А.3	А.4	А.5	А.6	А.7	А.8	А.9
Необходимость присутствия O_2 в газовой пробе	Да	Нет	Нет	(Нет)	(Нет)	(Нет)	Да	Нет	Не применяется
Типичные диапазоны измерения. Горючие газы	≤ 100 % НКПР	(0— 100) %	(0— 100) %	≤ 100 % НКПР	≤ 100 % НКПР	≤ 100 % НКПР	≤ 100 % НКПР	≤ 100 % НКПР	Не применяется
Типичные диапазоны измерения для кислорода	Не применяется	Не применяется	(0— 100) %	Не применяется	(0—25) % (0— 100) %	Не применяется	Не применяется	Не применяется	(0— 100) %
Горючие газы, не поддающиеся определению	Большие молекулы	См. 5.2	H_2	См. 5.4	Алканы	H_2, CO	(См. 5.7)	H_2, CO; CH_4 ИП>X[5]	Горючие газы
Относительное время срабатывания[1]	В зависимости от вещества	Среднее	(Малое)	В зависимости от вещества	Среднее	Малое	Малое	Малое	От малого до среднего
Влияние негорючих газов[2]	Нет	CO_2, фреоны	(Да)	SO_2, NO_x, H_2O	SO_2, NO_x	ClHCs[3], фреоны	Фреоны	Вещество ИП<X[5]	NO, NO_2
Отравление[2]	Si; (Hal[4]); (H_2S); Pb	Нет	Нет	Si; Hal[4]; SO_2	(Нет)	(Si)	Нет	Нет	Нет
Необходимость внешних газов	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Нет	(Да/Нет)

Окончание таблицы А.1

[1] Качественное сравнение времени срабатывания для датчиков, основанных на различных принципах измерения. Данные значения не учитывают время транспортирования пробы от точки отбора до датчика.
[2] В таблице приведены наиболее типичные примеры.
[3] Хлорсодержащие углеводороды.
[4] Органические галогенсодержащие или неорганические галогенсодержащие соединения.
[5] ИП — ионизационный потенциал вещества; X — энергия фотонов УФ-лампы детектора.

Примечание — (Нет), (Да) — для получения информации о данных в скобках см. соответствующий подраздел.

А.1 Термокаталитические датчики

Принцип действия термокаталитических датчиков основан на окислении горючего газа на поверхности катализатора, электрически нагреваемого до температуры 450 °С — 550 °С. Катализатор, как правило, имеет форму нити или выполнен в виде бусинки из пористой керамики, пропитанной веществом катализатора и закрепленной на нити накала.

Окисление приводит к повышению температуры чувствительного элемента, приблизительно пропорциональному содержанию определяемого горючего газа. Конструктивно датчик состоит из двух чувствительных элементов, установленных близко друг от друга, один из элементов — рабочий, а другой — сравнительный. Рабочий и сравнительный чувствительные элементы электрически подобны, однако сравнительный чувствительный элемент не изменяет свою температуру и, следовательно, свое электрическое сопротивление при контакте с горючим газом. Обычно чувствительные элементы включают по мостовой схеме. При этом влияние внешних воздействующих факторов, таких, как давление, температура и влажность окружающей среды, компенсируется в пределах рабочих условий эксплуатации датчика.

Изменение сопротивления рабочего чувствительного элемента приводит к разбалансировке мостовой схемы включения датчика.

Тот факт, что на поверхности чувствительного элемента происходит реакция окисления горючего газа, означает, что как сама проба, так и кислород расходуются в процессе проведения измерений. Следовательно, анализируемая проба и кислород должны непрерывно подводиться, а продукты сгорания должны удаляться с поверхности чувствительного элемента, это условие выполняется либо за счет диффузии, либо принудительно, путем размещения чувствительного элемента в потоке анализируемого газа.

Поскольку для работы термокаталитических датчиков требуется, как минимум, содержание кислорода в воздухе 10 % объемной доли или больше, то термокаталитические датчики могут использоваться для определения горючих газов при их содержании в воздухе не более 100 % НКПР.

Термокаталитические датчики подвержены необратимому или временному отравлению катализатора некоторыми веществами (т.н. каталитическими ядами), в результате чего чувствительность датчиков временно или необратимо снижается, что приводит к снижению сигнала датчиков в присутствии газа. Необратимое отравление катализатора термокаталитического датчика может быть результатом воздействия таких веществ, как кремнийорганические соединения, тетраэтилсвинец, серные и фосфорорганические соединения, которые либо образуют твердый слой продуктов сгорания на каталитической поверхности чувствительного элемента, либо изменяют структуру и площадь поверхности. В ряде случаев временное отравление может вызываться, например, некоторыми галогенсодержащими углеводородами.

Так называемые «стойкие к отравлению» датчики способны переносить более высокие дозы каталитических ядов, чем традиционные датчики, прежде чем в них начнется процесс необратимого отравления и снижения чувствительности.

Термокаталитические датчики, чувствительный элемент которых выполнен в виде керамической бусинки, способны функционировать непрерывно в течение нескольких лет при отсутствии сколько-нибудь значительного количества каталитических ядов в воздухе, но они тем не менее постепенно теряют свою чувствительность вследствие старения и воздействия следовых количеств каталитических ядов. В связи с этим необходимо проводить регулярную проверку чувствительности, периодичность которой определяется особенностями конструкции конкретных типов датчиков и условиями их эксплуатации.

Как правило, в корпус датчика вмонтировано металлическое газопроницаемое устройство — огнепреградитель, обеспечивающий достаточный газообмен между анализируемой средой и поверхностью чувствительного элемента и при этом исключающий возможность передачи воспламенения от нагретого чувствительного элемента в окружающую среду, если содержание горючего газа в анализируемой среде превысит НКПР. Огнепреградитель обеспечивает также защиту чувствительных элементов от пыли, механических повреждений и от воздействия потоков воздуха.

Термокаталитический датчик может быть использован в газоанализаторах:

- с диффузионным отбором пробы;
- с принудительной подачей пробы, обеспечиваемой ручным или электрическим насосом.

А.1.1 Область применения

Термокаталитические датчики пригодны для:

- определения принципиально всех горючих газов, но с разной чувствительностью;
- определения горючих газов при их содержании в воздухе до 100 % НКПР.

Время установления показаний и чувствительность датчиков зависят от свойств определяемого газа. Чем больше молекулярная масса и размер молекул газа, тем больше будет время установления показаний и, как правило, меньше чувствительность.

А.1.2 Ограничения по применению

Принцип действия термокаталитического датчика основан на каталитическом окислении в присутствии достаточного количества кислорода. Недостаток кислорода может быть вызван большим содержанием горючего газа, значительно превышающим НКПР. Следовательно, данный тип датчика можно использовать только для определения смесей горючих газов и паров при их содержании в воздухе до 100 % НКПР.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Когда содержание горючего газа в воздухе превышает НКПР, термокаталитический датчик ввиду недостатка кислорода может выдавать ошибочный сигнал, а показания газоанализатора могут быть менее 100 % НКПР.

Следовательно, газоанализаторы с термокаталитическими датчиками, соответствующие требованиям стандарта ***ГОСТ Р 52350.29.1,*** должны иметь блокирующийся сигнал о выходе показаний за пределы диапазона измерений (индикацию перегрузки), чтобы избежать выдачи ошибочных показаний. Однако стационарные датчики (например, датчики, единственным выходным сигналом которых является токовый выход 4—20 мА) и ранее разработанные газоанализаторы могут не иметь такой функции.

Влияние скорости воздушного потока на термокаталитический датчик с диффузионным отбором пробы должно устраняться конструкцией датчика и применением газопроницаемых элементов, изготовленных из спеченного металлического порошка.

Изменения давления, температуры и влажности не оказывают существенного влияния на показания термокаталитического датчика в пределах рабочих условий. Однако чем ниже значение порога сигнализации, тем больше будет влияние изменений температуры и других факторов окружающей среды.

Для предотвращения ложного срабатывания сигнализации не рекомендуется устанавливать значение порога сигнализации ниже 5 % НКПР для метана, 10 % НКПР для пропана и бутана и 20 % НКПР для паров бензина ***(гексана)*** при условии, что в последнем случае приняты соответствующие меры предосторожности против токсического действия паров.

Если объемная доля горючих газов в воздухе превышает верхний предел диапазона измерений, особенно при длительном воздействии такой среды, может потребоваться несколько часов для восстановления характеристик датчика или могут наблюдаться необратимые изменения нулевого сигнала и чувствительности.

По причинам, приведенным в последних трех абзацах, термокаталитические датчики не подходят для применения в условиях, требующих высокой чувствительности (например, для диапазонов измерений значительно ниже 0—10 % НКПР), поскольку увеличение коэффициента усиления только усилит эти нежелательные свойства.

А.1.3 Влияние неопределяемых компонентов

Термокаталитический датчик, как правило, не обеспечивает избирательность, потому что все горючие газы (в воздухе) вызывают изменение его сигнала. Существует значительный разброс чувствительности датчика к различным газам, которые не связаны прямо со значениями НКПР. Рекомендуется использовать данные по относительной чувствительности, предоставленные изготовителем.

Если контролируемая среда содержит газ или газы, которые разбавляют или замещают воздух (например, азот или диоксид углерода), то термокаталитический датчик может выдать слабый или даже нулевой сигнал. Похожие проблемы могут возникнуть из-за присутствия паров воды, которые, сконденсировавшись, могут закрыть поры огнепреградителя, предотвратив проникновение газов к термокаталитическому датчику. Присутствие в пробе инертного газа (например, аргона или гелия) также может нарушить тепловое равновесие датчика, что приведет к выдаче газоанализатором ошибочных показаний.

А.1.4 Отравление

Термокаталитические датчики чувствительны к отравлению веществами — каталитическими ядами, многие из которых довольно широко применяются, что требует регулярных проверок чувствительности и градуировки.

Потеря чувствительности может быть необратимой или временной в зависимости от физических и химических свойств такого вещества.

Необратимая потеря чувствительности, известная как «отравление катализатора», возникает в результате воздействия следующих веществ:

- кремнийорганических соединений (например, гидроизолирующих веществ, клеев и компаундов, отдельных масел и жиров, некоторых лекарственных препаратов);
- тетраэтилсвинца (например, содержащегося в этилированном бензине);
- серных соединений (например, диоксида серы, сероводорода);
- галогенсодержащих соединений (например, ряда галогенсодержащих углеводородов);
- фосфорорганических соединений (например, гербицидов, инсектицидов и эфиров фосфорной кислоты в огнеупорных гидравлических жидкостях).

В ряде случаев галогенсодержащие углеводороды и серные соединения могут вызвать только временное снижение чувствительности.

Так называемые «стойкие к отравлению» датчики способны переносить более высокие дозы таких веществ, чем традиционные датчики, прежде чем у них пропадет чувствительность. На этом этапе кроме снижения чувствительности могут ухудшиться другие их характеристики, например, увеличится время установления показаний.

Те датчики, которые не являются «стойкими к отравлению», в ряде случаев могут быть защищены от большинства каталитических ядов применением фильтров с использованием активированного угля или другими. Однако следует помнить, что фильтры следует использовать с большой осторожностью, поскольку, несмотря на то что они могут послужить превосходной защитой от каталитических ядов, такие фильтры, в частности с использованием активированного угля, приводят к понижению чувствительности к углеводородам и могут даже препятствовать обнаружению высших углеводородов. Также они могут послужить причиной значительного увеличения времени установления показаний для других веществ, кроме метана и водорода, и, таким образом, ограничить применение газоанализаторов для определения этих газов. Фильтры имеют ограниченный срок службы и требуют замены. Также на их работоспособность может повлиять уровень влажности измеряемой среды.

Другой технический прием, иногда используемый для уменьшения влияния каталитических ядов, — прерывистый режим работы датчика. Этот прием также используют для уменьшения потребления электроэнергии от аккумуляторной батареи. Однако газоанализаторы, использующие датчики в таком режиме, могут выдавать ложные показания, например, при внезапном воздействии газовоздушной смеси с большим содержанием горючего газа во время фазы отключения питания датчика. Требуется особое внимание при использовании таких газоанализаторов в режиме течеискателя или в других подобных случаях.

Результат отравляющего воздействия зависит в первую очередь от самого каталитического яда, от определяемого газа и от конструктивных особенностей датчика. Следует обратиться к руководству по эксплуатации газоанализатора, чтобы выяснить, какие вещества могут отравить катализатор и как защитить датчик.

А.2 Термокондуктометрические датчики

Принцип действия термокондуктометрических датчиков основан на изменении температуры электрически нагреваемого резистивного чувствительного элемента (который может быть проволочным, тонкопленочным или в виде бусинки), помещенного в контролируемую среду, по сравнению с температурой такого же элемента, помещенного в камеру с газом сравнения, вызванном различием теплопроводностей определяемого компонента и газа сравнения. Чувствительные элементы помещают в поток газовой пробы с постоянным расходом или в диффузионную камеру.

Температура чувствительных элементов такого датчика значительно ниже, чем термохимического. Как следствие, термокондуктометрический датчик может служить очень долгое время при отсутствии коррозии или загрязнения чувствительных элементов.

Датчик не изменяет химического состава пробы, для работы ему не требуется кислород. Следовательно, измерения можно проводить даже при отсутствии расхода пробы.

Температура элемента, однозначно связанная с его электрическим сопротивлением, определяется потерей тепла и зависит от молекулярной массы и других физических свойств окружающего элемент газа. Когда изменяется состав газа, температура электрически нагреваемого резистора – чувствительного элемента изменяется, соответствующее изменение электрического сопротивления определяют тем же способом, что и в случае термокаталитических датчиков (*см.* А.1). Как правило, в конструкции датчика предусматривают компенсационный элемент, который помещают в сравнительный газовый поток или в герметически запаянный объем, заполненный газом сравнения. Применение компенсационного элемента устраняет влияние колебаний температуры окружающей среды на показания датчика.

Термокондуктометрические датчики применяют для определения таких газов, теплопроводность которых в желаемом диапазоне измерений значительно отличается от теплопроводности сравнительной среды (обычно воздуха). Однако опубликованные таблицы теплопроводности могут привести к ошибочным выводам, поскольку на чувствительность датчика также влияют иные факторы, например конвекция или перенос массы.

Сказанное ограничивает применение термокондуктометрического метода определением объемной доли горючих газов, обычно превышающей НКПР. Газоанализаторы с термокондуктометрическими датчиками не следует использовать для определения горючих газов в диапазоне измерений до 100 % НКПР, за исключением водорода, к которому эти датчики особенно чувствительны.

Следовательно, чувствительность к газовой смеси будет неопределенной до тех пор, пока неизвестен компонентный состав анализируемой смеси, включая газы, которые нет необходимости определять. В худшем случае смесь газов с высокой и низкой теплопроводностью, образовавшаяся, например, в результате изменения состава газовой среды, может снизить до нуля сигнал от определяемого компонента.

А.2.1 Область применения

Для применения термокондуктометрических датчиков не требуется наличие кислорода, и они обеспечивают измерение объемной доли газового компонента вплоть до 100 %.

Газоанализатор может быть отградуирован на любой выбранный диапазон объемной доли определяемого компонента, включая 100 % объемной доли, в среде оговоренного компонентного состава.

Эти датчики пригодны для обнаружения одиночного компонента — газа, имеющего высокую или низкую теплопроводность по сравнению с теплопроводностью воздуха, который служит сравнительной средой. Харак-

терна высокая чувствительность термокондуктометрических датчиков к присутствию в воздухе таких газов, как водород, гелий и неон, теплопроводность которых велика; чувствительность к метану также достаточно высока.

Чувствительность метода ограниченна, верхний предел диапазона измерений обычно выше 100 % НКПР, кроме случаев, когда теплопроводность газа достаточно сильно отличается от теплопроводности воздуха.

Особым случаем применения термокондуктометрических датчиков является продувка резервуаров со сжиженным нефтяным газом смесью CO_2/N_2 в качестве «инертного» газа. Используя свойство теплопроводности в комбинации с конвекцией, можно изготовить датчики, которые нечувствительны к изменениям содержания фоновых газов (например, воздуха, водорода и смеси диоксида углерода/азота). В то же время они реагируют с достаточной чувствительностью на незначительное содержание легких предельных углеводородов от метана до пентана, несмотря на то что данные по теплопроводности указывают, что это невозможно.

А.2.2 Ограничения по применению

Термокондуктометрический метод применим в случаях, когда изменения выходного сигнала датчика от изменения концентрации фонового газа незначительны по сравнению с сигналом от определяемого компонента (газа или смеси газов) в выбранном диапазоне измерений.

Термокондуктометрические датчики неизбирательны к отдельным газам. Они реагируют на все газы, горючие и негорючие.

Теплопроводность горючих газов сильно различается. Более легкие газы (например, метан и водород) характеризуются большей теплопроводностью, чем воздух, в то время как более тяжелые газы (например, непредельные углеводороды) имеют меньшую теплопроводность. Следовательно, ничего нельзя сказать о сигнале датчика в газовой смеси до тех пор, пока не известен компонентный состав этой смеси. В худшем случае смеси газов с высокой и низкой теплопроводностью могут взаимно компенсировать теплопроводность и уменьшить сигнал датчика до нуля.

Ошибочные показания могут отмечаться также в следующих случаях:

a) используется термокондуктометрический датчик, чувствительный к скорости потока пробы, а поток газовой пробы нестабилен или не выполняются условия подачи пробы, указанные в руководстве по эксплуатации;

b) имеют место колебания температуры окружающего воздуха, которые не компенсируются соответствующим устройством на датчике;

c) неправильное пространственное положение газоанализатора, особенно если принцип действия датчика основан на одновременном использовании свойств теплопроводности и конвекции (датчики с повышенной конвективной составляющей теплопередачи).

А.2.3 Влияние неопределяемых компонентов

Погрешность от влияния неопределяемых компонентов возникает, если оборудование подвергается воздействию газов, на которые оно не отградуировано, или его пытаются использовать для измерения таких газов. Неопределяемые компоненты, такие, как горючие и негорючие газы, с теплопроводностью, отличной от теплопроводности окружающей среды, могут влиять на теплопроводность газовой смеси в любом направлении так, что сигнал от датчика может быть уменьшен до нуля.

В большинстве случаев сильным влиянием обладают пары воды, тем более что их содержание в воздухе сильно колеблется, особенно в жарком климате. При измерении небольшого содержания определяемого компонента влияние изменения влажности может потребовать осушения пробы.

А.2.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

А.3 Инфракрасные датчики

Принцип действия оптических инфракрасных датчиков основан на поглощении молекулами определяемого газа энергии светового потока в ультрафиолетовой, видимой или инфракрасной области спектра. Существующие газоанализаторы преимущественно работают в инфракрасной (ИК) области спектра.

Многие газы поглощают инфракрасную энергию. Исключением являются одноатомные (например, гелий, неон и аргон) и двухатомные газы (например, водород и азот). Кислород отличается слабым поглощением ИК-излучения на длине волны, обычно не используемой для определения других газов.

Все другие газы, одни в большей, другие в меньшей степени, поглощают инфракрасную энергию в диапазоне длин волн, характерном для типа химических связей их молекулы. Выбором соответствующего диапазона длин волн для определения того или иного вещества обеспечивается избирательность определения.

Данный метод измерения находит широкое применение для определения большинства газов в воздухе, потому что три основных компонента сухого воздуха — азот, кислород и аргон — не оказывают сколько-нибудь заметного влияния на нулевые показания и чувствительность инфракрасного датчика в диапазоне обычно используемых длин волн ИК-излучения.

Наличие в ИК-спектре поглощения какого-либо вещества определенных характеристических полос поглощения указывает на присутствие в его молекулах соответствующих групп атомов. Как следствие, все вещества одного гомологического ряда имеют похожий спектр поглощения. Например, использование характеристических полос поглощения в ИК-спектре углеводородов или других органических веществ особенно полезно при обнаружении горючих газов, поскольку оборудование, настроенное на этот характеристический диапазон, способно обнаруживать все эти соединения, но с различной чувствительностью.

Однако существует много случаев, когда наблюдается частичное наложение характеристических полос поглощения горючих газов и негорючих веществ или других веществ, определение которых не требуется, чаще всего это вода и диоксид углерода. Если в ИК-датчике невозможно устранить наложение полос поглощения определяемого и неопределяемых компонентов, то будет наблюдаться влияние неопределяемых компонентов на показания ИК-датчика.

Инфракрасные датчики не искажают пробу, и им не требуется для работы присутствие кислорода. Выходной сигнал ИК-датчиков в наибольшей степени не зависит от скорости потока пробы. У таких датчиков продолжительный срок службы при отсутствии коррозии, загрязнения или механического повреждения.

Вследствие большого разнообразия конструкторских решений, реализованных в различных ИК-датчиках, практически невозможно обобщить их конструктивные особенности. Однако основные элементы конструкции описаны ниже.

Излучение от источника проходит по оптическому пути и после фильтрации достигает приемника оптического излучения. Источником излучения может служить электрическая лампа накаливания или светодиод, излучающий в ближней инфракрасной области спектра. Оптическая кювета, как правило, имеет небольшую длину. В ряде случаев длина оптической камеры может быть больше 30 см, в этом случае необходимо обеспечить равномерный поток пробы вдоль всей длины оптического пути. Кювета может быть открытой (или частично открытой, защищенной диффузионным барьером) или герметичной с отверстиями для входа и выхода пробы. Также в конструкции ИК-датчика может быть предусмотрена сравнительная кювета наряду с рабочей.

Фильтрация ИК-излучения обеспечивается установкой фильтра между источником и приемником излучения. Оптические фильтры представляют собой конструкцию на основе твердых оптических материалов, которые, в свою очередь, подразделяют на спектрально-селективные и отрезающие (с коротковолновой и длинноволновой границей). Существуют также фильтры, представляющие собой герметичную кювету с оптически прозрачными окнами, заполненную газом, спектр поглощения которого перекрывается со спектром поглощения определяемого вещества. Такой тип оптического фильтра применяют для уменьшения влияния неопределяемых компонентов.

Как правило, поток излучения прерывается с определенной частотой для получения модулированного сигнала фотоприемника. В оптическом датчике обычно используют два диапазона длин волн, один из них — рабочий, совпадающий с характеристической полосой поглощения определяемого вещества, а другой — опорный, или сравнительный, выбираемый в полосе прозрачности, т.е. в области ИК-спектра, где поглощение ИК-излучения минимально. В качестве фотоприемников могут быть использованы фотодиоды, фотоумножители, фоторезисторы, вакуумные фотоэлементы, полупроводниковые фотоприемники, оптико-акустические приемники, термооптические емкостные системы (обычно с негативной фильтрацией), пироэлектрические приемники и т.д. В конструкции оптической кюветы иногда предусматривают оптоволоконные компоненты, предохраняющие от повреждения и коррозии чувствительные оптические элементы и обеспечивающие защиту анализируемой среды от нагретых оптических и электрических элементов газоанализатора.

Газоанализаторы с ИК-датчиками, несмотря на разнообразие моделей, могут быть классифицированы следующим образом:

a) специализированные газоанализаторы, снабженные системой пробоотбора;

b) одноточечные газоанализаторы со встроенным ИК-датчиком, предназначенные для установки в потенциально взрывоопасных средах; они могут иметь герметичные оптические кюветы со встроенным побудителем расхода, либо частично открытые кюветы, защищенные диффузионным барьером, либо в ряде случаев открытый оптический канал фиксированной длины в атмосфере (так называемые трассовые газоанализаторы);

c) газоанализаторы, в которых ИК-излучение источника от блока управления направляется на приемник оптического излучения с помощью гибкого оптического кабеля, обеспечивая дистанционное определение горючих газов — так называемые «световые трубки».

Конструкция ИК-датчиков принципиально позволяет использовать самодиагностику для проверки чувствительности к определяемому компоненту. Другие преимущества метода:

a) высокая стабильность;

b) отсутствие неоднозначности показаний при концентрациях, превышающих НКПР;

c) устойчивость к отравлению;

d) менее частое техническое обслуживание благодаря самодиагностике. Автоматическая градуировка, возможность контроля исправности источника ИК-излучения и компенсации загрязнения оптики могут продлить время работы без обслуживания. Однако особое внимание следует уделять своевременной очистке защитных фильтров в газовом тракте, поскольку средства самодиагностики обычно не обнаруживают их загрязнения.

Примечание — Трассовые ИК-газоанализаторы, имеющие открытый оптический канал, отличаются от других типов оборудования, упомянутых в настоящем стандарте, тем, что они не определяют содержание газа в конкретной точке, а измеряют интегральное содержание газа вдоль всего оптического пути. Следовательно, они способны обнаруживать присутствие газа на большей площади, чем другие типы газоанализаторов. Однако по своей природе они не различают ситуацию, при которой высокое содержание газа наблюдается на коротком отрезке оптического пути от той, при которой малое содержание газа присутствует на протяженном участке оптического пути, и, следовательно, такие газоанализаторы не соответствуют требованиям ***ГОСТ Р 52350.29.1.***

А.3.1 Область применения

ИК-датчик градуируют для определения одиночного компонента и в некоторых случаях нескольких компонентов. Присутствие других газов не будет обнаружено, если их полоса поглощения в ИК-области лежит за пределами полосы пропускания приемника ИК-излучения. Следовательно, газоанализаторы с такими датчиками можно использовать только для обнаружения газовых смесей, для которых они были отградуированы.

ИК-датчики не реагируют на водород. Однако их можно использовать для обнаружения большинства других горючих газов, в любом установленном диапазоне измерений объемной доли от нескольких миллионных долей вплоть до 100 %. Чем длиннее оптический путь, тем выше будет чувствительность.

Соответствующим выбором длин волн и длины оптического пути можно получить газоанализаторы для:

- измерения суммарного содержания углеводородов, часто используется область длин волн, соответствующая колебательному переходу С-Н (около 3,3 мкм);
- избирательного определения одного компонента (в смеси);
- определения объемной доли в диапазоне до нескольких миллионных долей;
- определения объемной доли горючих газов в диапазоне до 100 %;
- определения объемной доли кислорода в диапазоне до 100 %.

Диапазон измерений и технические характеристики газоанализаторов следует выбирать в соответствии с целями конкретного применения.

А.3.2 Ограничения по применению

ИК-датчики не обнаруживают водород.

Время, необходимое, чтобы содержание газа на всей длине оптического пути достигло того же значения, что и в контролируемой среде, ограничивает время установления показаний газоанализатора. Это время невелико в газоанализаторах с принудительным отбором пробы. В газоанализаторах с диффузионным отбором пробы установка кожуха для защиты от атмосферных воздействий, газовых фильтров и гидрофобных барьеров увеличивает время установления показаний.

Изменения давления анализируемой среды не влияют на нулевые показания, но чувствительность, как правило, пропорциональна парциальному давлению определяемого компонента. Поскольку датчик чувствителен к давлению, следует исключить изменения давления в газовом канале газоанализатора.

Некоторые типы датчиков, использующие модуляцию потока ИК-излучения или оптикоакустический приемник, чувствительны к вибрации.

Некоторые типы инфракрасных датчиков, в частности датчики для трассовых газоанализаторов, чувствительны к рассогласованию оптических осей, вызванному тряской и вибрацией.

Воздействие температуры обычно незначительно, но оно может привести как к уменьшению, так и к увеличению сигнала датчика.

А.3.3 Влияние неопределяемых компонентов

Неопределяемые компоненты (горючие и негорючие газы) могут вызывать изменение сигнала датчика. Чувствительность некоторых датчиков к таким газам, как диоксид углерода, часто приводит к значительной погрешности при измерении.

Изменение концентрации паров воды в анализируемой газовой смеси может вызывать изменение сигнала ИК-датчиков горючих газов. Однако газоанализаторы, отвечающие требованиям ***ГОСТ Р 52350.29.1,*** будут иметь минимальную чувствительность к воде.

Наличие в пробе твердых частиц и капель жидкости, которые также поглощают инфракрасную энергию, вызывает изменение сигнала датчика или даже потерю чувствительности. Важно предупредить загрязнение оптических компонентов (например, окон и зеркал), особенно загрязнение, вызванное твердыми частицами или конденсацией паров. Когда для защиты от загрязнения элементов оптического тракта используют фильтры тонкой очистки, следует иметь в виду, что фильтры могут закупориться, если проба сильно загрязнена.

А.3.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

А.4 Полупроводниковые датчики

Принцип работы полупроводниковых датчиков основан на изменении электропроводности, вызванном хемосорбцией молекул определяемого компонента на поверхности нагретого чувствительного элемента, находящегося в воздухе. Содержание газа определяют путем измерения изменения сопротивления чувствительного элемента.

Полупроводниковый материал, нанесенный на поверхность керамической подложки, электрически нагревается до нескольких сотен градусов Цельсия. Электроды наносятся на поверхность методом ионной имплантации или другим способом.

Полупроводниковые датчики используют для обнаружения газов в широком диапазоне концентраций, однако зависимость между концентрацией определяемого компонента и сигналом датчика нелинейна, чувствительность датчиков уменьшается с увеличением концентрации. Во многих случаях полупроводниковые датчики для своей работы требуют присутствия кислорода в пробе, а колебания влажности анализируемой среды и изменения содержания кислорода могут повлиять на их чувствительность.

Некоторые полупроводниковые датчики помимо горючих газов и паров реагируют также на другие вещества. Датчики, как правило, не являются избирательными и подвержены влиянию внешних факторов и неопре-

деляемых компонентов. Чувствительность датчиков к различным горючим газам существенно различается. Полупроводниковые датчики обладают высокой чувствительностью к водороду. Сигнал при воздействии некоторых других газов (например, NO_2) может быть противоположен полярности сигнала при воздействии водорода, поэтому влияние неопределяемых компонентов на показания датчика необходимо анализировать в каждом конкретном случае.

В связи с этим полупроводниковые датчики обычно используют для обнаружения конкретного газа в заданном диапазоне концентраций и при других особо оговоренных условиях, когда решающее значение имеет стоимость прибора.

Время установления показаний зависит от технологии изготовления чувствительного элемента, содержания определяемого компонента в анализируемой газовой смеси и способа ее доставки к датчику (обычно посредством диффузии, но также может применяться принудительная подача).

А.4.1 Область применения

Полупроводниковые датчики применяют для определения газов в широком диапазоне концентраций, в том числе очень низких, однако их характеристика преобразования нелинейна.

Они пригодны для использования в течеискателях даже при очень низких концентрациях определяемого компонента и в сигнализаторах, не имеющих отсчетного устройства.

А.4.2 Ограничения по применению

Полупроводниковые датчики горючих газов, как правило, неизбирательны, чувствительны к изменениям влажности и неопределяемым компонентам, для них характерны дрейф как нулевых показаний, так и чувствительности. Некоторые газы (например, NO_2) вызывают отрицательный по отношению к горючим газам сигнал.

Примечание — Обычно производитель приводит рекомендации относительно веществ, которые оказывают влияние на работу датчика или вызывают ложные показания.

Новым датчикам может потребоваться длительная приработка (до нескольких недель) для стабилизации нуля и чувствительности перед проведением градуировки. Эту приработку должен проводить изготовитель.

В дальнейшем приработка может быть необходима после продолжительного (более 1 дня) пребывания датчика в отключенном состоянии.

Если содержание определяемого компонента превышает верхний предел диапазона измерений, датчику может потребоваться несколько часов для восстановления характеристик или могут произойти необратимые изменения нулевых показаний и чувствительности.

А.4.3 Влияние неопределяемых компонентов

Полупроводниковые датчики неизбирательны, негорючие газы могут вызывать как отрицательный, так и положительный сигнал датчика.

Датчики одного типа имеют широкий разброс чувствительности к определяемому компоненту, к тому же относительная чувствительность к другим газам может значительно отличаться от одного датчика к другому. Обычно значения чувствительности не связаны прямо со значениями НКПР. Конкретные значения приводят в руководстве по эксплуатации.

Изменения содержания кислорода, температуры, влажности или скорости движения воздуха могут оказать сильное влияние на чувствительность. Конкретные значения приводят в руководстве по эксплуатации.

А.4.4 Отравление

На чувствительность полупроводниковых датчиков оказывают сильное влияние (в большинстве случаев понижают, но иногда и повышают) отравляющие вещества, но при концентрациях больших, чем концентрации, влияющие на термокаталитические датчики. Примеры таких веществ:

- щелочные или кислотные соединения;
- кремнийорганические соединения;
- тетраэтилсвинец;
- серные соединения;
- галогенсодержащие соединения.

Следует обратиться к руководству по эксплуатации газоанализаторов, чтобы выяснить, какие отравляющие вещества могут повлиять на чувствительность и как защитить датчик.

А.5 Электрохимические датчики

Принцип действия электрохимических датчиков основан на изменении электрических параметров электродов, находящихся в контакте с электролитом, в присутствии определяемого газа. Изменение электрических параметров является следствием окислительно-восстановительный реакции определяемого газа на поверхности электрода.

Электроды и электролит обычно размещены в корпусе электрохимической ячейки, закрытом полупроницаемой мембраной, непроницаемой для жидкого электролита, но позволяющей молекулам газа диффундировать сквозь нее к поверхности раздела электрод — электролит. В большинстве случаев рабочий электрод, на котором протекает реакция с участием определяемого газа, формируется непосредственно на внутренней поверхности полупроницаемой мембраны. Электроды могут быть покрыты активирующим слоем, который вызывает протекание реакции.

Внутри электрохимической ячейки имеется по крайней мере еще один электрод и содержится электролит. Избирательность к различным газам достигается выбором материалов электродов и электролита, поляризующего напряжения, схемы включения электрохимической ячейки.

Некоторые электрохимические датчики могут использовать предварительную химическую реакцию с участием определяемого компонента, продукты этой реакции уже непосредственно детектируются электрохимической ячейкой.

Как правило, определяемый газ расходуется в процессе протекания окислительно-восстановительной реакции на поверхности рабочего электрода, а продукты реакции диффундируют в объем электролита к вспомогательному электроду. Поскольку только небольшое количество определяемого газа может прореагировать на поверхности рабочего электрода, диффузию газа можно ограничить, поместив перед полупроницаемой мембраной диафрагму или капилляр, что предотвратит перегрузку (насыщение) электрохимической ячейки.

Как сами электроды, так и электролит электрохимических датчиков могут постепенно изменяться или даже расходоваться в ходе протекания химических реакций. Датчики требуют регулярной градуировки через установленные интервалы времени в целях корректировки дрейфа нуля и чувствительности и в конце концов подлежат замене. Срок службы в благоприятных условиях обычно более 2 лет.

Время срабатывания сигнализации и время установления показаний t (90) сравнительно велико и обычно превышает 30 с, особенно после перегрузки и в конце срока службы. Существуют ограничения по эксплуатации электрохимических датчиков в условиях низких температур и низкой относительной влажности.

А.5.1 Область применения

Электрохимические ячейки компактны, потребляют мало энергии и обладают высокой чувствительностью к определяемым газам.

Электрохимическая ячейка не может быть использована для обнаружения большинства углеводородов (например, алканов — метана, этана, пропана и т.д.).

Существует ограниченное число применений данного типа датчиков для контроля довзрывоопасных концентраций. Они пригодны для определения довзрывоопасных концентраций водорода или оксида углерода, а также объемной доли кислорода до 25 %. Существуют также датчики для определения объемной доли кислорода до 100 %.

Кроме того, эти датчики широко применяют для определения содержания газов вплоть до нескольких миллионных долей, например при обнаружении утечек или индивидуальном контроле многих токсичных газов (но не паров), например H_2S, CO, HCN, NH_3, PH_3, SO_2, NO, NO_2 и этиленоксида. Даже если электрохимические датчики предназначены для определения одного компонента, они, как правило, имеют чувствительность к неопределяемым компонентам.

Переносные газоанализаторы горючих газов с диапазоном измерения от 0 % до 100 % НКПР, использующие другие типы датчиков, описанных в настоящем стандарте, часто выпускают в многоканальном исполнении, включающем электрохимические датчики токсичных газов и кислорода.

А.5.2 Ограничения по применению

Временная потеря чувствительности наблюдается во время перемещения холодного электрохимического датчика в более теплое место с повышенной влажностью, вследствие конденсации воды на мембране. Это особенно заметно у кислородных датчиков, у которых по этой причине при нормальной объемной доле кислорода 21 % показания могут снизиться и прибор может выдавать аварийный сигнал в течение нескольких минут. Загрязнение нелетучими жидкостями или клейкими твердыми веществами может привести к постоянному снижению чувствительности.

Для прохождения электрохимической реакции необходим кислород. При работе датчика в обескислороженной среде кислород, растворенный в электролите, обеспечит ход химической реакции в течение непродолжительного времени в зависимости от датчика, но длительная работа датчика при отсутствии кислорода в анализируемой среде невозможна.

Изменения, происходящие в электролите, а также на поверхности одного или нескольких электродов, сокращают срок службы датчика. Чувствительность датчиков обычно падает со временем, приводя к необходимости периодической проверки чувствительности и градуировки.

В зависимости от типа датчика и определяемого компонента у датчика может сократиться срок службы или уменьшиться быстродействие, если содержание определяемого компонента превышает верхний предел диапазона измерений. Это характерно для кислородных датчиков, использующихся при высоком содержании кислорода, когда свинцовый электрод расходуется пропорционально объемной доле кислорода.

Срок службы многих типов электрохимических датчиков также зависит от времени воздействия других газов, которые приводят в негодность электролит. В частности, высокие концентрации диоксида углерода могут вызвать потерю чувствительности и сократить срок годности электролита в некоторых кислородных датчиках.

В большинстве случаев влияние температуры на чувствительность датчика хорошо известно и воспроизводимо, что позволяет использовать программно-аппаратную компенсацию.

Низкая температура или влажность может понизить чувствительность и увеличить время установления показаний датчика. Длительная работа при очень низких значениях влажности может привести к высыханию электролита. Чтобы этого избежать, некоторые датчики снабжают резервуаром для увлажнения.

Свойства электролита ограничивают минимальное (а в ряде случаев и максимальное) значение рабочей температуры; предельные значения указывают в руководстве по эксплуатации. Обычно минимальная температура ограничена значением минус 15 °С ввиду возможного замерзания электролита.

Времена срабатывания и время установления показаний t (90) сравнительно большие, обычно ≥ 30 с.

А.5.3 Влияние неопределяемых компонентов

Электрохимические ячейки могут реагировать на другие газы, выдавая как положительный, так и отрицательный сигнал.

За исключением кислородных датчиков, чувствительность к неопределяемым компонентам в некоторых случаях может быть выше, чем к определяемому.

Для некоторых типов электрохимических датчиков чувствительность пропорциональна атмосферному давлению. Для датчиков других типов перепады давления создают опасность повреждения, что должно быть указано в руководстве по эксплуатации.

Существуют частные случаи влияния неопределяемых компонентов на кислородные датчики при их использовании не в воздухе, а в газовых смесях или в присутствии очень высоких концентраций горючих газов, например:

- молекулярная масса газа, в которой измеряется содержание кислорода, может оказывать сильное влияние на чувствительность датчика, поэтому необходимо провести градуировку по ПГС, содержащей кислород в этом же газе;

- срок службы датчика может уменьшиться из-за присутствия в пробе высоких концентраций органических растворителей, вступающих в химическую реакцию с электролитом.

А.5.4 Отравление

На электролит или электрод датчиков могут влиять различные газы, содержащиеся в пробе, что может приводить к потере чувствительности датчиков, о чем должно быть указано в руководстве по эксплуатации.

Кроме случаев загрязнения, описанных выше, доступ кислорода к мембране датчика может постепенно уменьшаться и со временем быть полностью перекрыт продуктами реакции, например гидролиза таких галогенсодержащих соединений, как фторид бора (III) (BF_3), тетрахлорсилан ($SiCl_4$) и т.д.

Некоторые кислородные датчики могут терять чувствительность из-за большого содержания CO_2 в атмосфере, вступающего в реакцию с электролитом.

А.6 Пламенно-ионизационные датчики

Принцип работы пламенно-ионизационных датчиков (ПИД) основан на ионизации в электрическом поле молекул органических соединений, сжигаемых в пламени водородной горелки. Образующееся при этом ионное облако перемещается под воздействием разности потенциалов в несколько сотен вольт, поддерживаемой между электродами в камере сгорания. Это перемещение создает очень слабый электрический ток, пропорциональный содержанию определяемого компонента (газа или пара) в газовом потоке.

Данный тип датчиков обладает превосходной линейностью в диапазоне нескольких декад, при величине объемной доли определяемого компонента от единиц миллионных долей до 100 % НКПР. В пламени чистого водорода (и воздуха) образуется незначительное количество ионов, которые обеспечивают остаточный ток датчика меньший, чем 0,1 пА. Это позволяет проводить измерения массового расхода органических соединений вплоть до 10—15 пг/с.

В качестве отрицательного электрода обычно используют сопло горелки, в качестве положительного — цилиндр или кольцо, расположенные на небольшом расстоянии вокруг пламени.

В датчике также присутствует источник розжига пламени (например, искровой промежуток или свеча зажигания).

Расход водорода обычно устанавливается равным нескольким десяткам миллилитров в минуту. Водород не должен содержать органических соединений и других примесей, но может содержать некоторое количество таких газов, как азот, кислород, водяной пар и т.д. Расход пробы чаще всего устанавливается равным нескольким миллилитрам в минуту, газом-носителем пробы не должен быть воздух, проба смешивается с водородом непосредственно перед пламенной горелкой.

Необходимый для горения воздух, обычно с расходом 100 $см^3$/мин или более, подается через кольцевые прорези в камере сгорания. В воздухе, необходимом для горения пламени, не должно быть органических примесей. Иногда в переносных газоанализаторах, предназначенных для определения малых концентраций органических газов в воздухе, в качестве воздуха для горения используется воздух самой пробы, что устраняет необходимость отдельной его подачи.

Расход всех газов и температура в камере сгорания должны быть стабилизированы.

Время установления показаний ПИД в основном определяется временем доставки пробы к пламени; достижимо время установления показаний менее 1 с.

Процесс ионизации в пламени зависит от типа и степени окисления атомов, входящих в состав молекулы определяемого газа. В соответствии с эмпирическим правилом ионизируются С—Н связи, ненасыщенные С—С связи и С—галоген связи. Чувствительность к углеводородам приблизительно пропорциональна общему содержанию углерода в молекуле газа.

Таким образом, относительная чувствительность к различным углеводородам, выраженная в молярных долях, приблизительно пропорциональна числу атомов углерода в их молекулах. Однако для кислородсодержащих соединений это правило изменяется. Связи С—О в молекулах не образуют поддающихся обнаружению

ионов. Количество атомов углерода, необходимое для расчета сигнала, должно быть сокращено наполовину для каждого атома кислорода в молекуле. Например, муравьиная кислота HCOOH не определяется ПИД-детектором (1 углерод минус $^1/_2$ для каждого кислорода равняется нулю). Данный эффект снижает чувствительность детектора в случае, если ПИД используют как анализатор общего содержания углерода в пробе.

Однако существуют значительные отклонения от этого эмпирического правила. В действительности чувствительность детектора к различным углеводородам может изменяться в диапазоне от 1:3 до более чем 3:1 относительно чувствительности к метану. Чувствительность детектора зависит от конструктивных особенностей пламенной горелки, расхода газа, электрических параметров, добавления пробы к водороду или от использования пробы в качестве газа для горелки, а также от выбора газа-носителя.

Инертные и редкие (благородные) газы, оксиды азота, галогены, водород, кислород, диоксид углерода, четыреххлористый углерод и вода не определяются ПИД.

Если в пробе содержатся кремнийорганические соединения, требуется более частое обслуживание ПИД, так как диоксид кремния, образующийся при их сгорании, может образовать на электроде изолирующий слой, что снизит сигнал детектора.

А.6.1 Область применения

ПИД используют, когда необходима высокая чувствительность, широкий диапазон измерений, малая погрешность измерения, устойчивость к отравлению и быстрое время установления показаний. ПИД пригоден для измерения в диапазонах от единиц миллионных долей до 100 % НКПР и даже выше.

ПИД обладает чувствительностью почти ко всем органическим соединениям, большинство из которых горючие. Исключением являются формальдегид и муравьиная кислота.

Данный тип датчиков пригоден для измерений при повышенной температуре.

А.6.2 Ограничения по применению

Принцип действия не обеспечивает избирательность, так как, как правило, все органические соединения вызывают появление сигнала датчика. Если предполагается присутствие других газов в месте установки ПИД, необходимо провести градуировку датчика на тот газ, к которому он наименее чувствителен. Однако для данного метода относительная чувствительность лучше поддается расчету, чем для других методов.

Помимо уже упомянутых органических соединений, к которым ПИД не чувствителен, данные датчики также непригодны для обнаружения горючих неорганических газов, водорода, оксида углерода, аммиака, сероуглерода, сероводорода и цианисто-водородной (синильной) кислоты.

ПИД могут также определять ряд негорючих органических соединений.

Для горения водородной горелки требуется подача извне водорода и (обычно) синтетического воздуха. В ряде случаев сама проба может быть использована в качестве воздуха для горения. Сигнал датчика сильно зависит как от расхода пробы, так и от расхода водорода и в меньшей степени от расхода воздуха для горения. Следовательно, необходимо поддерживать постоянство давлений анализируемой газовой смеси (пробы), воздуха и водорода, при этом следует отметить, что огнепреградители, используемые в пробоотборной линии, могут засоряться, создавая трудности с поддержанием постоянного расхода пробы.

А.6.3 Влияние неопределяемых компонентов

Галогенсодержащие углеводороды снижают чувствительность, если газоанализатор отградуирован на измерение общего содержания углерода в газовой смеси.

ПИД нельзя применять для измерения в смесях с высоким содержанием газов, которые гасят пламя, например хладонов.

А.6.4 Отравление

Как правило, для данных датчиков не характерно отравление, но если в пробе присутствуют кремнийорганические соединения или другие вещества, которые образуют твердые продукты сгорания, то они могут вызвать образование налета на электродах и на изоляции, который приведет к снижению чувствительности и в конце концов сделает датчик неработоспособным.

А.7 Анализаторы температуры пламени

Принцип работы детекторов-анализаторов температуры пламени (АТП) основан на повышении температуры пламени, сжигающего постоянный поток водорода (или другого газа). Это повышение вызывается наличием горючих примесей в пробе воздуха, поддерживающих горение пламени.

Температура пламени измеряется внутри небольшой камеры сгорания. Зависимость выходного сигнала датчика от содержания определяемого компонента нелинейна.

Время установления показаний АТП в основном определяется временем доставки пробы к пламени; достижимо время установления показаний менее 5 с.

Газ для горелки (обычно водород) должен иметь постоянный состав. Для получения стабильного нулевого сигнала АТП при отсутствии горючих газов в пробе воздуха, подаваемого на горелку, необходимо поддерживать постоянную температуру в камере сгорания и поддерживать постоянным расход пробы и горючего газа для горелки.

Необходимо быть особенно внимательным, если в анализируемом газе присутствуют хладоны. Присутствие в пробе хладонов при отсутствии в ней горючих газов приведет к уменьшению температуры пламени. Горючие газы на фоне большого содержания хладонов в пробе будут определяться с большой погрешностью, более того, пламя может даже погаснуть.

А.7.1 Область применения

АТП используют для измерения общего количества горючих газов и паров при их содержании в пробе ниже 100 % НКПР, когда требуется быстрое время установления показаний.

АТП пригоден для измерений при повышенной температуре.

А.7.2 Ограничения по применению

АТП не является избирательным, так как его выходной сигнал зависит только от теплотворной способности пробы. При высоком содержании определяемого компонента передаточная характеристика нелинейна. Подробно об ограничениях указано в руководстве по эксплуатации.

Не рекомендуется использовать АТП для измерения в диапазоне единиц миллионных долей.

Для работы АТП требуется один или несколько вспомогательных газов. Для пламени необходим водород или другой горючий газ. Для работы горелки необходимо обеспечить или присутствие в определяемом газе кислорода, или отдельную подачу воздуха. Сигнал критически зависит от расхода пробы, горючего газа и, если используется, воздуха для горения. Следовательно, как и в случае ПИД, необходимо стабилизировать давление пробы, воздуха и горючего газа для горелки, но следует отметить, что огнепреградители, используемые в пробоотборной линии, могут засориться, и, как следствие, могут возникнуть трудности с сохранением устойчивого расхода пробы.

А.7.3 Влияние неопределяемых компонентов

Галогенсодержащие углеводороды, например фреоны, при высоких концентрациях уменьшают сигнал АТП, снижая температуру пламени.

А.7.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

А.8 Фотоионизационные датчики

Принцип действия фотоионизационных датчиков (ФИД) основан на ионизации газов посредством ультрафиолетового (УФ) излучения, испускаемого специальной лампой, с известной длиной волны и, следовательно, энергией фотона, обычно выражаемой в электрон-вольтах (например, 10,6 эВ). Кроме лампы в ионизационной камере располагаются два электрода, между которыми приложено напряжение. В ионизационной камере молекулы определяемого газа, чей ионизационный потенциал (ИП) ниже, чем энергия фотонов, испускаемых лампой, ионизируются, и между двумя электродами начинает протекать ток. Этот ток пропорционален содержанию определяемого компонента в диапазоне концентраций, охватывающих несколько порядков.

Основные компоненты ФИД — УФ-лампа с генератором возбуждающих импульсов (методами высокого напряжения или высокой частоты), два электрода-коллектора с усилителем и, как правило, фильтр и побудитель расхода пробы. Для работы ФИД какого-либо газа дополнительно не требуется.

Вещества с более высокими значениями ИП, чем энергия фотонов УФ-лампы, не определяются ФИД. Например, такие вещества, как этан, пропан, ацетилен или метанол, имеют ИП выше, чем 10,6 эВ — значение, характерное для самых распространенных УФ-ламп. Другие вещества, у которых значения ИП немного ниже (например, этанол и этилен с ИП = 10,5 эВ), вызовут слабый сигнал ФИД.

В принципе, поскольку измерение обычно проводят в воздухе, все вещества, у которых ИП выше, чем у кислорода (ИП = 12,1 эВ) (например, водород, оксид углерода и метан), не поддаются определению. Поэтому нет особой необходимости в УФ-лампе с более высоким значением энергии фотонов, чем 12,1 эВ.

Возможности метода по определению горючих газов ограниченны, и с самыми распространенными УФ-лампами этим методом не удастся обнаружить все горючие газы.

Значения ионизационного потенциала для различных веществ можно найти в справочной литературе или получить у изготовителя газоанализаторов. К соединениям, которые можно обнаружить, относятся:

- органические молекулы, содержащие несколько атомов углерода и (или) других атомов (например, кислорода, серы, брома);
- ненасыщенные и ароматические углеводороды;
- амины;
- ряд горючих неорганических соединений (например, аммиак, сероводород и сероуглерод);
- некоторые негорючие газы (например, диоксид азота, оксид азота и трихлорэтилен).

Относительная чувствительность ФИД к различным газам, как правило, хорошо известна, что позволяет учесть эти данные в программном обеспечении газоанализатора. Пользуясь предварительно установленными значениями относительной чувствительности, можно, проведя градуировку газоанализатора по одной ПГС, проводить затем определение других известных газов, непосредственно считывая показания газоанализатора.

Время установления показаний определяется только временем, необходимым для доставки пробы к ФИД. Типичное значение времени установления показаний — от 2 до 10 с.

А.8.1 Область применения

ФИД используют, когда основными требованиями являются высокая чувствительность, устойчивость к отравляющим веществам и малое время установления показаний.

Хотя этот метод предназначен преимущественно для использования в стационарных газоанализаторах, но применяется и в переносных (ручных) или передвижных газоанализаторах эпизодического действия, обычно имеющих встроенный побудитель расхода для принудительного отбора пробы.

ФИД пригоден для определения содержания газов от единиц миллионных долей до примерно 2000 млн$^{-1}$. Таким образом, метод пригоден для определения как токсичности среды, так и ее взрывоопасности.

Кроме того, ФИД обычно используют для измерения содержания газов в диапазоне нескольких миллионных долей в течение коротких промежутков времени, например при поиске утечки.

А.8.2 Ограничения по применению

Принцип измерений не обеспечивает избирательное определение горючих газов. Датчик обнаруживает все вещества, у которых ИП ниже, чем энергия излучения УФ-лампы.

ФИД не может обнаружить оксид углерода, водород или метан в воздухе.

ФИД не обнаруживает соединения, имеющие ИП, превышающие энергию излучения лампы. Большинство датчиков оборудовано УФ-лампой с энергией излучения 10,6 эВ.

Таким образом, этот метод не подходит для обнаружения легких предельных углеводородов и некоторых других веществ. Однако изменение энергии излучения лампы от 8,4 эВ (что исключает обнаружение многих веществ) до 11,7 эВ (при определении горючих веществ в воздухе) позволяет обнаружить большее количество газов (см. руководство по эксплуатации).

Лампы с более высокой энергией излучения имеют малый срок службы.

ФИД не рекомендуется применять для определения содержания определяемого компонента свыше 2000 млн$^{-1}$ из-за нелинейности характеристики преобразования. Ограничения по диапазонам измерений указаны в руководстве по эксплуатации конкретного газоанализатора.

А.8.3 Влияние неопределяемых компонентов

ФИД обладает чувствительностью ко всем веществам, у которых ИП ниже, чем энергия фотонов УФ-лампы, обычно 10,6 эВ. Но коэффициент чувствительности сильно зависит от ионизационных свойств вещества.

Пары воды могут вызвать сигнал, эквивалентный нескольким миллионным долям. Этот сигнал не является результатом ионизации (ИП H_2O составляет 12,6 эВ), а возникает в результате взаимодействия воды с материалами, окружающими электроды.

Высокое содержание метана в присутствии определяемого компонента может привести к уменьшению показаний из-за подавления ионизации.

Конденсат, твердые частицы, пятна от пальцев и т.д. на лампе или окне датчика могут изменить интенсивность УФ-излучения и, следовательно, чувствительность.

А.8.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

Измерение содержания ряда соединений, например сложных эфиров или стирола, может привести к разложению веществ, подвергнувшихся воздействию УФ-излучения, и отложению их на колбе УФ-лампы. Следовательно, рекомендуется регулярно очищать УФ-лампу в соответствии с указаниями, приведенными в руководстве по эксплуатации.

А.9 Парамагнитный датчик кислорода

Кислород обладает сильными парамагнитными свойствами (втягивается в магнитное поле). Газы, содержащие кислород, будут стремиться разделиться в сильном магнитном поле с силой, пропорциональной объемной доле кислорода. NO и NO_2 разделяются в пропорционально меньшей степени, для других газов эффект практически отсутствует, что делает этот метод очень избирательным к кислороду при отсутствии значительных количеств оксидов азота.

Использование парамагнитных свойств кислорода возможно несколькими способами. В датчике магнитомеханического типа используется очень легкий и маленький ротор с торсионной подвеской, помещенный в сильное неоднородное магнитное поле, ротор выполняется в виде гантельки из диамагнитного материала. Вращение ротора, вызванное притяжением парамагнитного газа в магнитном поле, обнаруживается оптически, в магнитомеханических датчиках компенсационного типа цепь обратной связи электромеханически возвращает ротор в исходное состояние. Следовательно, ток в цепи обратной связи будет пропорционален углу закручивания упругого подвеса ротора и, следовательно, будет пропорционален содержанию парамагнитного газа. Необходимо обеспечить компенсацию влияния давления и температуры на сигнал датчика. Магнитомеханические датчики также чувствительны к ударам и вибрации, тем не менее их возможно сделать устойчивыми к транспортированию.

В датчике термомагнитного типа используется температурная зависимость удельной магнитной восприимчивости, которая обратно пропорциональна температуре. Поток газовой пробы разделяется на две части. Проба в одном потоке нагревается примерно на 100 К выше температуры окружающей среды. В неоднородном магнитном поле благодаря разнице в магнитной восприимчивости парамагнитного газа при двух разных значениях температур создается движение пробы («магнитный ветер»). Этот поток обнаруживается благодаря своему охлаждающему воздействию на нагревательный элемент, включенный в мостовую схему. Сигнал разбаланса моста является мерой содержания кислорода. Показания газоанализатора обычно зависят от положения в пространстве, следовательно, данный метод применим для стационарных газоанализаторов.

Датчики магнитопневматического типа измеряют дифференциальное давление, вызванное потоком парамагнитного газа, втянутого в неоднородное магнитное поле. Для них требуется использование газа сравнения, например азота, подаваемого с очень малым расходом. Для получения сигнала давления, пропорционального содержанию кислорода, обычно используют модуляцию магнитного поля.

А.9.1 Область применения

Парамагнитный датчик используют для определения кислорода в случаях, когда основными требованиями являются избирательность, долговременная стабильность и устойчивость к отравляющим веществам.

Данный датчик пригоден для измерения объемной доли кислорода в диапазонах от 0 % — 1 % до 0 % — 25 %. Возможно определение вплоть до 100 % объемной доли. Разница между нижним и верхним пределами диапазона измерений объемной доли кислорода должна превышать 0,5 %.

В зависимости от особенностей конструкции датчика время установления показаний может варьироваться от 6 до 40 с.

А.9.2 Ограничения по применению

В зависимости от особенностей конструкции датчика газоанализаторы могут:

- использовать один или несколько вспомогательных газов;
- содержать источники воспламенения (нагретые чувствительные элементы);
- быть чувствительными к ударам и (или) вибрации.

В большинстве случаев необходима компенсация влияния изменений давления и температуры.

А.9.3 Влияние неопределяемых компонентов

За исключением NO и NO_2, сигнал от которых при равном с кислородом содержании равен приблизительно 50 % и 4 % соответственно от сигнала, вызванного кислородом, не выявлено существенной чувствительности к другим газам.

А.9.4 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

Приложение В
(справочное)

Характеристики окружающей среды

В таблице В.1 приведены минимальные требования к внешним воздействующим факторам, нормируемые ***ГОСТ Р 52350.29.1.*** Подробная информация по методам испытаний и правилам приемки приведена в упомянутом стандарте.

Условия окружающей среды на месте эксплуатации всегда должны соответствовать приведенным в руководстве по эксплуатации. Если они выходят за пределы рабочих условий, установленных изготовителем, следует согласовать с ним возможность использования газоаналитического оборудования в таких условиях.

Таблица В.1

Характеристика	Значение согласно ***ГОСТ Р 52350.29.1***
Хранение в отключенном состоянии	24 ч при каждой температуре, последовательно: минус 25 °С плюс 20 °С (на окружающем воздухе) плюс **50 °С** плюс 20 °С (на окружающем воздухе)
Диапазон рабочих температур	Переносные/передвижные газоанализаторы от минус 10 °С до плюс 40 °С Выносные датчики от минус 25 °С до плюс 55 °С Блоки управления от 5 °С до 55 °С Стационарные газоанализаторы со встроенным датчиком от минус 25 °С до плюс 55 °С
Диапазон атмосферного давления	От 80 до 120 кПа
Диапазон относительной влажности окружающего воздуха	От 20 % до 90 %
Скорость воздушного потока	До 6 м/с
Вибрация	Газоанализаторы со встроенным датчиком: - частота 10—30 Гц, амплитуда смещения 1 мм; - частота 31—150 Гц, амплитуда ускорения 19,6 м/с^2. Газоанализаторы с выносными датчиками: - частота 10—30 Гц, амплитуда смещения 1 мм; - частота 31—150 Гц, амплитуда ускорения 19,6 м/с^2
Испытание газоанализаторов сбрасыванием	Портативные (носимые) — высота падения 1 м. Переносные, массой менее 5 кг — высота падения 0,3 м. Переносные, массой более 5 кг — высота падения 0,1 м

Приложение С
(справочное)

Типовая форма опросного листа по условиям эксплуатации и техническим требованиям к газоанализаторам горючих газов

1 Кратко опишите задачу, которая требует определения горючих газов (с указанием метода отбора пробы, особых условий эксплуатации, места установки газоанализатора).

_____

_____

_____

2 Укажите расстояние от блока управления до выносного датчика

_____

3 Перечислите горючие газы и (или) пары, которые требуется определять, и примерный состав анализируемой среды.

Газ или пар*	Содержание (единицы измерения)	Примечания
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Если предполагается присутствие нескольких горючих газов, укажите, необходимо определять их сумму или каждый компонент в отдельности.

_____

4 В какой среде необходимо определять горючие газы — с нормальным (21 % O_2), пониженным или повышенным содержанием кислорода?

_____

Примерное значение объемной доли кислорода в анализируемой среде:

от _____ % до _____ %.

5 Требуемый(ые) диапазон(ы) измерения газоанализатора, отличный(ые) от диапазона довзрывоопасных концентраций.

_____

6 Диапазон значений температуры окружающей среды для блока управления:

от _____ °С минимум до _____ °С максимум

Предполагаемое номинальное значение температуры: _____ °С

7 Диапазон значений относительной влажности окружающей и анализируемой сред:

от _____ % минимум до _____ % максимум

8 Диапазон значений давления анализируемой среды:

от _____ МПа минимум до _____ МПа максимум

* Желательно наряду с названием вещества привести его химическую формулу.

9 Линейная скорость воздушных потоков в анализируемой среде:

от _____ м/с минимум до _____ м/с максимум

10 Другие влияющие факторы (присутствие пыли, коррозионно-активных веществ, дыма, туманов и т.д.). Пожалуйста, укажите тип и, если возможно, количество.

_____

_____

_____

_____

11 Укажите, имеются ли в анализируемой среде кремний, свинец, галогенсодержащие соединения или другие вещества, которые могут повлиять на чувствительность газоанализатора и на его технические характеристики.

_____

_____

_____

12 Характеристика места установки газоанализатора:

Газовая группа: _____ Зона: _____
Газовая группа: _____ Зона: _____

13 Требуемое дополнительное оборудование:

_____

_____

_____

Приложение D
(справочное)

Типовая форма протокола проведения технического обслуживания газоанализаторов горючих газов

Изготовитель:	Наименование модели:
Дата закупки:	Дата поступления на техобслуживание:
Заводской порядковый номер:	Идентификационные данные пользователя:
Поверочная газовая смесь:	Место установки:

Техническое обслуживание (кроме периодической градуировки)

Дата	Причина поступления		Передал:	Обслуживание провел:	Содержание работ и замененные запасные части
	Плановое техническое обслуживание	Неисправность			
Примечания:					
Примечания:					
Примечания:					

Отметки о проведении градуировки

Дата	Примечания

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта стандарта
ГОСТ Р 51330.19—99	MOD	МЭК 60079-20:1996 «Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 20. Данные по горючим газам и парам, относящиеся к эксплуатации электрооборудования»
ГОСТ Р 52350.19—2007	IDT	МЭК 60079-19:2006 «Взрывоопасные среды. Часть 19. Ремонт, проверка и восстановление электрооборудования»
ГОСТ Р 52350.29.1—2010	MOD	МЭК 60079-29-1:2007 «Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Требования к эксплуатационным характеристикам газоанализаторов горючих газов»
ГОСТ Р МЭК 60050-426—2006	IDT	МЭК 60050-426:1990 «Международный электротехнический словарь. Глава 426. Электрооборудование для взрывоопасных сред»
ГОСТ Р МЭК 60079-0—2007	IDT	МЭК 60079-0:2007 «Взрывоопасные среды. Часть 0. Электрооборудование. Общие требования»
ГОСТ Р МЭК 60079-10-1—2008	IDT	МЭК 60079-10-1:2008 «Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды»

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

УДК 621.3.002:05—213.34:006.354 ОКС 29.260.20 П63 ОКП 42 1510

Ключевые слова: газоанализаторы горючих газов, газоанализаторы кислорода, газоаналитические системы, электрооборудование взрывозащищенное, принципы измерений, выбор газоанализаторов, характеристики газовых утечек, выбор места установки датчиков, пробоотборные линии, ограничения по применению газоанализаторов, влияние неопределяемых компонентов, порядок проведения проверки (градуировки) газоанализаторов, подготовка пользователей газоанализаторов, подготовка специалистов по техническому обслуживанию газоанализаторов

Редактор *А. Д. Чайка*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Е. Ю. Митрофанова*
Компьютерная верстка *З. И. Мартыновой*

Сдано в набор 26.05.2011 Подписано в печать 10.08.2011. Формат 60×84 $^{1}/_{8}$ Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,30. Уч.-изд. л. 9,00 Тираж 106 экз Зак. 527

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256