МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 60079-29-2— 2024

ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ

Часть 29-2

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

(IEC 60079-29-2:2015, Explosive atmospheres — Part 29-2: Gas detectors — Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС) на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 января 2024 г. № 169-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 ноября 2025 г. № 1376-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60079-29-2—2024 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2027 г. с правом досрочного применения

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60079-29-2:2015 «Среды взрывоопасные. Часть 29-2. Детекторы газов. Выбор, монтаж, использование и техническое обслуживание детекторов горючих газов и кислорода» («Explosive atmospheres — Part 29-2: Gas detectors — Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ТС 31 «Оборудование для взрывоопасных сред» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5—2001 (подраздел 3.6).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВЗАМЕН ГОСТ IEC 60079-29-2—2013

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© IEC, 2015
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025



В Российской Федерации 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 3
4 Основная информация о свойствах, характеристиках и возможности определения газов и паров 8
5 Принципы измерения 22
6 Выбор газоаналитического оборудования 31
7 Характеристики газовых утечек 38
8 Проектирование и установка стационарных газоаналитических систем 42
9 Использование переносных и передвижных газоанализаторов 52
10 Обучение технического персонала 58
11 Техническое обслуживание — плановые мероприятия и общее административное руководство 60
Приложение А (обязательное) Принципы измерения 68
Приложение В (справочное) Характеристики окружающей среды 84
Приложение С (справочное) Типовая форма опросного листа по условиям окружающей среды и техническим требованиям к газоанализаторам горючих газов (относящихся к I и II группам электрооборудования) 85
Приложение D (справочное) Типовая форма протокола проведения технического обслуживания газоанализаторов горючих газов 87
Приложение Е (справочное) Видимость в атмосфере 88
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 89
Библиография 90

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 горючих газов могут быть использованы для определения довзрывоопасной концентрации горючих газов в условиях, когда возможно увеличение содержания горючих газов до взрывоопасного уровня. Общие технические требования к газоанализаторам горючих газов установлены в IEC 60079-29-1 и IEC 60079-29-4. Требования к безопасному использованию стационарных газоанализаторов приведены в IEC 60079-29-3.

Однако одно лишь соответствие газоанализаторов заявленным техническим характеристикам не может гарантировать того, что их использование должным образом защитит 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 их содержании в воздухе в гораздо меньшем количестве соответствующего нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР). Газоанализаторы горючих газов, на которые распространяется действие IEC 60079-29-1 и IEC 60079-29-4, не предназначены специально для обнаружения токсичных веществ и, как правило, при возможном воздействии токсичных веществ требуются дополнительные меры предосторожности для защиты технического персонала.

Переносные газоанализаторы, на которые распространяется действие настоящего стандарта и IEC 60079-29-1 и IEC 60079-29-2, 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 токсичного газа или пара, которые нельзя достоверно определить применяемыми газоанализаторами.

В настоящий стандарт, а также в IEC 60079-29-1 и IEC 60079-29-4 включены общие требования к содержанию руководства по эксплуатации газоанализаторов горючих газов. Данные стандарты содержат также сведения о вышеупомянутых областях знания.

Настоящий стандарт разработан специально для того, чтобы охватить все действия, необходимые для успешного определения горючих газов, включая регулярное проведение технического обслуживания. В других разделах настоящего стандарта установлены требования к методам определения горючих газов. Требования каждого пункта предназначены для конкретного применения. 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 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.

Таблица 1 — Основные задачи и принципы решения

Задачи	Термины и определения	Основная информация о свойствах газов и паров	Принципы измерения	Выбор газоанализаторов	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)
Раздел	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Приложение А	Приложение В
Административное руководство	+	+++	+++	+	+	–	–	–	+	–	–
Общее руководство	+	+++	+++	+	+	–	–	+	+	–	+
Выбор газоанализаторов	+++	+++	+	+++	+++	+	++	–	+	+++	+++
Проектирование/руководство	+++	+++	+	+++	+++	+++	–	–	–	+++	+++
Монтаж/руководство	+++	+++	+	++	+++	+++	–	–	–	+++	+++
Ввод в эксплуатацию	++	+++	++	++	++	++	–	–	–	+	++
Руководство действиями	+++	+++	++	+	++	+++	–	++	+	–	–
Обучение	+++	+++	+	+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Обслуживание/градуировка	+++	+++	–	–	–	++	++	+	+++	++	++
Ремонт	++	+++	++	–	–	+	+	+	+++	++	–

Условные обозначения:
- «+++» — обязательно;
- «++» — рекомендуется;
- «+» — полезно;
- «–» — не применяется.

Раздел 5 представляет собой упрощенный вариант приложения А.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ

Часть 29-2

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

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

Дата введения —2027—01—01
с правом досрочного применения

1 Область применения

Настоящий стандарт содержит указания и рекомендации для выбора, установки, безопасного использования и технического обслуживания электрического оборудования II и I групп — газоанализаторов, сигнализаторов и газоаналитических систем, соответствующих требованиям IEC 60079-29-1 или IEC 60079-29-4, используемых для обеспечения 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 с помощью определения содержания присутствующих горючих газов или паров, а также на газоанализаторы кислорода, применяемые для измерения содержания кислорода в подземной угольной шахте.

Настоящий стандарт представляет собой собрание практических знаний в помощь пользователю, применяемое 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 стационарные и переносные газоанализаторы. В равной степени он распространяется на безопасное использование носимых портативных газоанализаторов. 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.

* Настоящий стандарт распространяется на вновь разработанные стационарные, переносные, передвижные и иные газоанализаторы, сигнализаторы и газоаналитические системы, а в ряде случаев и на ранее выпущенные.

Издание официальное

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

Действие настоящего стандарта не распространяется на среды, содержащие горючие вещества в виде тумана, из-за используемых в настоящее время методов измерения.

Настоящий стандарт применяют к газоанализаторам, относящимся ко II и I группам электрооборудования (т. е. электрооборудования, предназначенного для использования в целях промышленной и коммерческой безопасности, предназначенного для применения во взрывоопасных зонах согласно классификации, приведенной в IEC 60079-10-1).

В настоящем стандарте рассмотрены:

a) стационарные газоанализаторы, в том числе газоанализаторы, установленные на транспортных средствах;

b) передвижные и переносные газоанализаторы и сигнализаторы;

c) портативные (переносные) газоанализаторы и сигнализаторы.

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

a) определения негорючих токсичных газов;

b) для лабораторных и научных исследований;

c) только для контроля технологических процессов;

d) для применения в процессах переработки и производства взрывчатых веществ;

e) для определения взрывоопасных сред, образовавшихся в результате проникновения в воздух пыли или образования в воздухе тумана.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

IEC 60079-0, Explosive atmospheres — Part 0: Equipment — General requirements (Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования)

IEC 60079-10-1:2008*, Explosive atmospheres — Part 10-1: Classification of areas — Explosive gas atmospheres (Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды)

IEC 60079-10-2, Explosive atmospheres — Part 10-2: Classification of areas — Combustible dust atmospheres (Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды)

IEC 60079-13, Explosive atmospheres — Part 13: Equipment protection by pressurized room “p” (Защита оборудования помещением под избыточным давлением «p» и искусственно вентилируемым помещениям «v»)

IEC 60079-17, Explosive atmospheres — Part 17: Electrical installations inspection and maintenance (Взрывоопасные среды — Часть 17. Контроль и техническое обслуживание электрооборудования)

IEC 60079-19, Explosive atmospheres — Part 19: Equipment repair, overhaul and reclamation (Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 19. Ремонт и проверка электрооборудования, используемого во взрывоопасных газовых средах (кроме подземных выработок или применений, связанных с переработкой и производством взрывчатых веществ)

IEC 60079-29-1:2007**, Explosive atmospheres — Part 29-1: Gas detectors — Performance requirements of detectors for flammable gases (Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Общие технические требования и методы испытаний газоанализаторов горючих газов)

IEC 60079-29-4, Explosive atmospheres — Part 29-4: Gas detectors — Performance requirements of open path detectors for flammable gases (Взрывоопасные среды. Часть 29-4. Газоанализаторы. Общие технические требования и методы испытаний газоанализаторов горючих газов с открытым оптическим каналом)

IEC 61285, Industrial-process control — Safety of analyser houses (Управление технологическими процессами. Безопасность анализаторных помещений)

---

* Действует IEC 60079-10-1:2020. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

** Заменен на IEC 60079-29-1:2016. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по IEC 60079-0. Поскольку настоящий стандарт может быть применен самостоятельно, определения, приведенные в IEC 60079-29-1 и IEC 60079-29-4, в нем повторяются.

Примечание — Дополнительные определения, применимые к взрывоопасным атмосферам, содержатся в Международном электротехническом словаре (IEV), IEC 60050-426.

3.1 Свойства и физические характеристики газов

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

3.1.2 **чистый воздух** (clean air): Воздух, в котором отсутствуют газы и пары (воспламеняющихся, токсичных или вредных для окружающей среды веществ), к которым газоанализаторы имеют чувствительность или которые влияют на характеристики газоанализаторов.

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

Примечание — Чаще всего встречаются следующие единицы измерений: объемная доля, % (см. 3.1.19); молярная доля, %; % НКПР (для конкретного вещества); миллионная доля (млн$^{-1}$); миллиардная доля (млрд$^{-1}$).

3.1.4 **доза** (dose): Общее количество абсорбированного или поглощенного вещества за определенное время; доза пропорциональна содержанию вещества и продолжительности воздействия.

3.1.5 **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.

3.1.6 **диапазон взрывоопасных концентраций** (explosive range): Диапазон концентраций горючего газа или пара в воздухе от нижнего концентрационного предела распространения пламени до верхнего концентрационного предела распространения пламени.

3.1.7 **рудничный газ** (firedamp): Горючая смесь газов, преимущественно состоящая из метана, встречающаяся в естественном состоянии в шахтах.

3.1.8 **горючий газ** (flammable gas): Газ или пар, которые при смешивании с воздухом в определенном соотношении образуют взрывоопасную среду.

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

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

3.1.10 **нижний концентрационный предел распространения пламени [воспламенения];** НКПР; (lower flammable limit, LFL): Концентрация горючего газа или пара в воздухе, ниже которой газовая среда не является взрывоопасной, выражается в процентах (см. IEC 60079-20-1).

Примечание — Данный термин также называется «нижний предел распространения пламени» (lower explosive limit, LEL).

3.1.11 **оптическое излучение** (optical radiation): К оптическому излучению относятся ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение.

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

Примечание — Плотность воздуха принята за 1.

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

3.1.14 **источник утечки** (source of release): Точка или место, из которых может произойти выделение в атмосферу газа, пара или жидкости, что приведет к образованию взрывоопасной газовой среды.

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-426:2008 (426-03-06), модификация: исключено примечание]

3.1.15 **токсичный газ** (toxic gas): Газ, оказывающий вредное воздействие на здоровье и (или) работоспособность человека в силу своих физических или физико-химических свойств.

3.1.16 **верхний концентрационный предел распространения пламени [воспламенения]; ВКПР** (upper flammable limit, UFL): Концентрация горючего газа или пара в воздухе, выше которой газовая среда не является взрывоопасной, выражается в процентах (см. IEC 60079-20-1).

Примечание — Данный термин также называется «верхний предел распространения пламени» (upper explosive limit, UEL).

3.1.17 **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.

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

3.1.19 **объемная доля** (volume fraction v/v): Отношение объема компонента к объему многокомпонентной газовой смеси при определенной температуре и давлении.

Примечание — Также известно как объемное содержание.

3.2 Типы оборудования

3.2.1 **газоанализатор, предназначенный только для сигнализации;** *сигнализатор* (alarm-only equipment): Газоанализатор, имеющий устройство аварийной сигнализации, но не оснащенный показывающим устройством и не имеющий выходного сигнала, пропорционального измеренному значению содержания определяемого компонента.

3.2.2 **газоанализатор с принудительным способом отбора пробы** (aspirated equipment): Газоанализатор, в котором отбор пробы и подача ее на датчик осуществляются с помощью ручного или электрического насоса.

3.2.3 **газоанализаторы непрерывного действия** (continuous duty equipment): Газоанализаторы, которые способны функционировать продолжительное время, при этом датчики газоанализатора могут работать как в непрерывном, так и в прерывистом режиме.

3.2.4 **газоанализатор с диффузионным способом отбора пробы** (diffusion equipment): Газоанализатор, в котором газ из анализируемой газовой среды поступает в газовый датчик с помощью диффузии, без использования средств принудительного отбора пробы.

3.2.5 **взрывозащищенное оборудование** (explosion protected equipment): Оборудование, включающее виды взрывозащиты оборудования, предусмотренные стандартами серии IEC 60079.

3.2.6 **взрывозащита** (explosion protection): Меры, обеспечивающие взрывобезопасность оборудования для работы во взрывоопасных средах.

3.2.7 **стационарный газоанализатор** (fixed equipment): Газоанализатор, все части которого предназначены для постоянной установки по месту эксплуатации.

3.2.8 **газоанализаторы, относящиеся к электрооборудованию группы I** (group I equipment): Газоанализаторы, предназначенные для применения в подземных выработках шахт и их наземных строениях, опасных по рудничному газу и (или) горючей пыли.

3.2.9 **газоанализаторы, относящиеся к электрооборудованию группы II** (group II equipment): Газоанализаторы, предназначенные для применения в местах с потенциально взрывоопасной газовой средой, кроме подземных выработок шахт и их наземных строений, опасных по рудничному газу и (или) горючей пыли.

3.2.10 **портативные газоанализаторы** (portable equipment, portable apparatus): Газоанализаторы, приспособленные для быстрого перемещения с места на место и предназначенные для кратковременного или постоянного использования во время перемещения.

Примечание — Питаются от электрической батареи и делятся на следующие виды устройств (но не ограничиваются ими):

a) малогабаритные газоанализаторы массой, как правило, меньше 1 кг, для работы с которыми достаточно использования только одной руки;

b) 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

c) 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.

3.2.11 **система отбора пробы** (sample (sampling) system): Система, предназначенная для отбора пробы из более чем одной точки контроля, проведения пробоподготовки и подачи пробы к датчику (блоку датчиков).

Примечание — Как правило, термин употребляется в отношении стационарного оборудования, в котором многочисленные образцы пробы, отобранные из различных точек контроля, последовательно поступают к одному или нескольким датчикам.

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

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

3.3 Датчики

3.3.1 **термокаталитический датчик** (catalytic sensor): Датчик, принцип действия которого основан на окислении горючего газа при контакте с поверхностью электрически нагреваемого катализатора.

3.3.2 **электрохимический датчик** (electrochemical sensor): Датчик, принцип действия которого основан на изменении электрических параметров электродов, находящихся в контакте с электролитом, в присутствии определяемого газа.

3.3.3 **пламенно-ионизационный датчик;** ПИД (flame ionization detector FID): Датчик, принцип действия которого основан на ионизации молекул определяемых веществ в пламени водорода с последующим определением тока ионизации.

3.3.4 **анализатор температуры пламени;** АТП; *датчик температуры воспламенения* (flame temperature analyser FTA): Датчик, принцип действия которого основан на повышении температуры пламени водорода (или другого горючего газа) при наличии в пробе воздуха горючих примесей.

3.3.5 **инфракрасный датчик;** ИК-датчик (infrared absorption sensor): Датчик, принцип действия которого основан на поглощении молекулами определяемого газа энергии светового потока в ультрафиолетовой, видимой или инфракрасной областях спектра.

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

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

3.3.8 **выносной датчик** (remote sensor): Датчик, не являющийся неотъемлемой частью корпуса газоанализатора, а связанный с ним при помощи кабеля питания и управления.

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

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

3.3.11 **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 измерений и (или) сигнализации.

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

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

3.4 Подача газов к оборудованию

3.4.1 **точка измерения** (measuring (measurement) point): Место установки датчика, предназначенного для определения газа в одной точке, имеющего диффузионный или принудительный способ отбора пробы.

3.4.2 **газоанализатор для измерений в одной точке** (point detection equipment): Газоанализатор, предназначенный для определения газа только в одной точке — месте его установки.

Примечание — Этот термин относится именно к газоанализаторам, а не к точкам отбора пробы, термин с противоположным значением — «трассовые газоанализаторы».

3.4.3 **линия пробоотбора** (sample line): Устройство, с помощью которого газовая проба поступает к датчику.

Пример — Фильтры механической очистки, фильтры-влагоотделители и т. д.

3.4.4 **точка отбора пробы** (sampling point): Место, из которого происходит отбор анализируемой газовой смеси на газоанализатор с принудительным способом отбора пробы.

Примечание 1 — Обычно термин применяется по отношению к стационарным газоанализаторам и газоаналитическим системам с принудительным способом отбора пробы.

Примечание 2 — В точке отбора пробы обычно размещается фильтр механической очистки или иное оборудование, предназначенное для пробоподготовки.

3.4.5 **пробоотборник** (sampling probe): Оборудование, подключаемое к газоанализатору и предназначенное для принудительного отбора пробы; может входить в состав газоанализатора или поставляться как отдельное изделие.

Примечание — Пробоотборник обычно представляет собой короткую, длиной около 1 м, жесткую трубку, часто имеющую телескопическую конструкцию, которая присоединяется к газоанализатору при помощи гибкой трубки.

3.5 Сигнализация и сигналы неисправности

3.5.1 **уставка срабатывания аварийной сигнализации** (alarm setpoint): Пороговое значение параметра, описывающее непрерывное или дискретное состояние технологического процесса, которое инициирует индикацию аварийной сигнализации (световым, звуковым сигналом или сигналом другого типа).

3.5.2 **аварийный сигнал** (alarm signal): Звуковой, световой, электрический или сигнал другого типа, выдаваемый газоанализатором, когда измеренное значение содержания определяемого компонента достигает уставки аварийной сигнализации.

3.5.3 **непрерывные или квазинепрерывные измерения** (continuous or quasi-continuous sensing): Режим работы газоанализатора, при котором непрерывно осуществляется электропитание первичного преобразователя, а показания считываются непрерывно и периодически через короткие интервалы времени.

3.5.4 **сигнал неисправности** (fault signal): Звуковой, световой или сигнал другого типа, отличающийся от аварийного и извещающий прямо или косвенно о неисправности оборудования.

3.5.5 **показывающее устройство** (indicating device): Устройство отображения измеренных значений или состояний газоанализатора в аналоговой или цифровой форме.

3.5.6 **сигнал останова** (inhibition signal): Звуковой, световой или сигнал другого типа, извещающий о том, что работа газоанализатора в нормальном режиме приостановлена.

3.5.7 **циклические измерения** (intermittent sensing): Режим работы газоанализатора, при котором электропитание или газовый поток подаются к датчику периодически либо показания датчика считываются периодически в соответствии с предустановленным циклом.

3.5.8 **блокирующаяся аварийная сигнализация** (latching alarm): Аварийная сигнализация, для отключения которой после срабатывания требуется принять специальные меры.

3.5.9 **функция безопасности** (safety function): Функция (начиная от отбора пробы и заканчивая выдачей выходных сигналов газоанализатора), реализуемая газоаналитическим оборудованием, служащая для обеспечения безопасного состояния процесса.

3.6 Периодичность проверок и режим работы оборудования

3.6.1 **дрейф показаний** (drift): Изменение показаний газоанализатора во времени при контроле фиксированной концентрации или при фиксированном распределении содержания определяемого компонента по всей длине оптического пути при нормальных условиях окружающей среды.

3.6.2 **проверка работоспособности** (functional check): Контрольная операция, проводимая с применением поверочных газовых смесей или иных средств для проверки работоспособности газоанализатора, в том числе и для проверки срабатывания сигнализации.

Примечание 1 — Проверка работоспособности проводится без корректировки чувствительности и нулевых показаний газоанализатора.

Примечание 2 — Проверка работоспособности может обозначаться следующими терминами: «проверка срабатывания» (response check), «ударный тест» (bump test).

3.6.3 **первичная градуировка** (initial calibration): Выбор определяемого компонента и диапазона измерений, проведение корректировки чувствительности и нулевых показаний газоанализатора с использованием поверочных газовых смесей при выпуске из производства или при вводе его в эксплуатацию.

3.6.4 **вещества, отравляющие датчики** (poisons <for sensors>): Вещества, которые приводят к временной или постоянной потере чувствительности датчиков.

3.6.5 **периодическая градуировка** (recalibration): Периодическая корректировка, а также проверка чувствительности и нулевых показаний газоанализатора, проводимые с использованием поверочных газовых смесей; периодическая градуировка не затрагивает правильность установки определяемого компонента и диапазона измерений, проведенные при первичной градуировке.

3.6.6 **время восстановления** (recovery time): Время между моментом, когда на входе датчика отмечается мгновенное снижение концентрации газа, и моментом, когда выходной сигнал датчика достигает установленного значения.

3.6.7 **селективность;** *избирательность* (selectivity): Соотношение между чувствительностью датчика к определяемому компоненту и чувствительностью датчика к другим газам.

Примечание — Если газоанализатор характеризуется высокой избирательностью, его чувствительность к иным газам, содержащимся в анализируемой пробе, будет меньше, чем чувствительность к определяемому компоненту, а показания его будут более достоверными.

3.6.8 **чувствительность** (sensitivity): Отношение выходного сигнала газоанализатора к содержанию горючего газа.

Примечание 1 — В ряде случаев под чувствительностью понимается минимальное содержание определяемого компонента, которое может быть измерено газоанализатором, в этом случае правильнее говорить о пороге обнаружения.

Примечание 2 — Высокая чувствительность подразумевает, что газоанализатор может измерять низкое содержание газа или пара.

3.6.9 **предельные показания** (span): Максимально возможное значение показаний газоанализатора, превышающее верхнюю границу диапазона измерений, при подаче газовой смеси, содержащей определяемый компонент.

3.6.10 **время установления показаний** (time of response tx): Интервал времени, измеряемый после прогрева газоанализатора, между моментом скачкообразного изменения концентрации определяемого газа (интегральной концентрации для трассовых газоанализаторов в открытом оптическом канале) и моментом, когда показания газоанализатора достигнут установленной доли x в процентах от установившегося значения.

Примечание — Время установления показаний не нормируется для газоанализаторов эпизодического действия.

3.6.11 **нулевой газ** (zero gas): Рекомендованная производителем газовая смесь, в которой отсутствуют горючие газы и газы, влияющие на показания, а также вещества, загрязняющие датчик газоанализатора, предназначенная для проведения градуировки нулевых показаний и настройки газоанализатора.

3.7 Особые термины для трассовых газоанализаторов

3.7.1 **альбедо** (albedo): Характеристика отражательной способности поверхности, выраженная в виде отношения светового потока, рассеянного поверхностью во всех направлениях, к потоку, падающему на эту поверхность.

3.7.2 **аварийный сигнал блокировки** (beam blocked signal): Звуковой, световой или какой-либо другой выходной сигнал, свидетельствующий о том, что оптический путь блокирован или сигнал приемника слишком слаб для нормального функционирования газоанализатора.

3.7.3 **поверочная газовая кювета** (gas calibration cell): Герметичный контейнер с оптически прозрачными окнами, предназначенный для заполнения поверочными газовыми смесями.

3.7.4 **интегральная концентрация** (integral concentration): Суммарное содержание определяемого компонента вдоль оптического пути.

Примечание 1 — Интегральная концентрация выражается в единицах концентрации, умноженной на расстояние (например, НКПР·м для горючих газов или млн$^{-1}$·м для токсичных газов).

Примечание 2 — 100 % НКПР · 1 м = 1 НКПР·м; 10 % НКПР · 10 м = 1 НКПР·м.

3.7.5 **метеорологическая оптическая дальность;** МОД (meteorological optical range, MOR): Длина оптического пути в атмосфере, при прохождении которой коллимированный световой поток лампы накаливания с цветовой температурой 2700 К ослабляется до 5 % от своего первоначального значения.

3.7.6 **открытый оптический канал;** *трасса* (open path): Протяженная область пространства, проходящая через область или часть области атмосферы, в которой проводится определение интегральной концентрации и через которую газы могут свободно перемещаться.

3.7.7 **оптическая ось** (optical axis): Средняя линия оптического пути.

3.7.8 **оптический путь** (optical path): Путь, который оптическое излучение проходит от источника излучения до приемника.

Примечание — Излучение может проходить через открытый оптический канал один, два или более раза, в зависимости от конструкции оптического блока.

3.7.9 **приемник** (receiver): Конструктивно законченное устройство, содержащее приемник оптического излучения, а также при необходимости связанные с ним оптические и электрические компоненты.

3.7.10 **световозвращатель** (retroreflector): Уголковый отражатель, одиночный или состоящий из множества секций, отражающий падающее излучение строго в направлении источника.

3.7.11 **датчик газа** (gas detection transmitter): Стационарный газоанализатор, передающий измерительную информацию в форме, удобной для передачи, в соответствии с общепринятым промышленным стандартом (например, цифровой или дискретный сигналы, выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА), предназначенный для использования с внешними блоками управления, системами сбора данных (централизованного мониторинга и аналогичными), которые обычно обрабатывают информацию, поступающую из различных мест и источников, в том числе и от газовых датчиков.

3.7.12 **приемопередатчик;** *трансивер* (transceiver): Конструктивно законченное устройство, содержащее одновременно источник и приемник оптического излучения, а также при необходимости связанные с ними оптические и электрические компоненты.

3.7.13 **коэффициент пропускания** (transmittance): Доля светового потока, образующего параллельный пучок, после прохождения определенного оптического пути в атмосфере.

3.7.14 **передатчик** (transmitter): Конструктивно законченное устройство, содержащее источник оптического излучения, а также при необходимости связанные с ним оптические и электрические компоненты.

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

4.1 Определение газов и паров

4.1.1 Общие сведения

В настоящем 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.

Эффективная работа газоанализаторов горючих газов зависит не только от их готовности к работе, но и от правильной эксплуатации.

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 химиче-

ского 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 они 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.

Незначительные изменения условий окружающей среды, такие 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, а 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.

С учетом того, что смесь, концентрация которой превышает верхний предел воспламеняемости, не является взрывоопасной, следует понимать, что при разбавлении воздухом она станет взрывоопасной, и поэтому целесообразно считать его взрывным. Следует также отметить, что он может быть токсичным при гораздо более низких концентрациях.

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

При входе в потенциально опасную зону необходимо часто проверять показания газоанализатора. Потенциально опасная зона может уже содержать взрывоопасные газы или быть непригодной для дыхания, в таких случаях 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 взрывоопасного газа или пара.

Если предполагается, что присутствуют горючие пары, то следует провести отбор пробы на расстоянии 1 или 2 см от пола. Такие действия могут обнаружить проблему (например небольшую утечку жидкости) на раннем этапе ее возникновения. В таком случае необходимо проверить все ближайшие к источнику утечки углубления.

Показания газоанализатора действительны только на тот момент, когда они считываются. Обстоятельства меняются. Рекомендуется периодически повторять измерения, особенно если предполагается присутствие паров (см. 4.3.3) 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 концентрацию 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, подробнее это будет описано в 4.4.1. 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 токсичного вещества, что само по себе представляет значительную опасность. В этом случае также необходимо использовать дополнительные датчики и принимать дополнительные меры предосторожности.

Перед проведением работ во взрывоопасной зоне рекомендуется в присутствии лица, ответственного за безопасность проведения работ, специалиста по охране труда или другого лица с подобными полномочиями определить перечень токсичных веществ, присутствие которых вероятно в месте проведения работ, и при проведении работ применять газоанализатор, позволяющий определять как горючие, так и токсичные вещества.

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 можно обратиться за ней 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 как основание для выпуска собственных национальных документов, которые также можно использовать в работе.

4.2 Некоторые общие свойства газов и паров

Все газы и пары полностью смешиваются между собой с помощью диффузии или при перемешивании. Смешавшись, они больше не разделяются. Однако некоторые газы и пары при смешении могут вступать между собой 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 того, что другое вещество осаждается.

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

Плотность чистых газов и паров пропорциональна их молекулярной массе. При смешении газов и паров не происходит изменения их объема. 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.

В качестве примера можно привести следующий случай. Метан с молекулярной массой, равной 16, будет легче воздуха, а углекислый газ с молекулярной массой, равной 44, — тяжелее воздуха. Смесь этих двух газов, образующаяся, например, на месте свалки отходов, или газ, содержащийся в шахтной породе и состоящий из примерно 53 % объемной доли метана и 47 % объемной доли углекислого газа, будет иметь такую же плотность, как и плотность воздуха.

Смеси чистого воздуха с чистыми газами или газовыми смесями, которые легче воздуха, будут также легче воздуха, но разница в относительной плотности будет меньше, чем для чистых газов и паров. Смеси 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 чистыми газами или парами, которые тяжелее воздуха, будут также тяжелее воздуха, но разница в относительной плотности будет меньше, чем для чистых газов и паров. 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 нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПР) и верхний концентрационный предел распространения пламени (ВКПР). Эти пределы устанавливаются опытным путем, данные об этих пределах для многих веществ можно найти в IEC 60079-20-1. Эти данные не могут быть предсказаны с определенной точностью.

Примечание — Поскольку это экспериментальный метод, разные страны устанавливают разные значения для значений НКПР и ВКПР, которые имеют юридическую силу. В качестве двух примеров:

- NFPA 30 — публикация, используемая в США;
- GESTIS — общедоступная база данных, используемая 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 уменьшают содержание кислорода в воздухе). Токсичность других газов может варьироваться от средней до высокой.

Примечание — Асфиксиант представляет собой нетоксичный или очень умеренно токсичный и (в основном) инертный газ, который работает путем вытеснения кислорода из легких. Токсичный газ может вызывать значительные острые последствия для здоровья даже при низких концентрациях.

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

4.3.1 Общие положения

Ниже приведены основные отличия между определением газов и паров.

4.3.2 Определение газов

4.3.2.1 Общие положения

Вещества, сохраняющие газообразное состояние при значениях температуры и давления, при которых они могут быть обнаружены, строго подчиняются газовым законам и ведут себя предсказуемо. В таких случаях, как правило, достаточно провести простой инструктаж персонала.

Газы могут быть чистыми или образовывать газовые смеси, при условии что они не вступают в химическую реакцию. Изменения температуры или давления не влияют на состав газовой смеси.

4.3.2.2 Градуировка. Общие положения

Для градуировки требуется газовая смесь, рекомендованная изготовителем. Содержание определяемого компонента в смеси обычно аттестовано с относительной погрешностью не более 5 %. Для проверки работоспособности может использоваться газовая смесь с худшими характеристиками, если такая возможность оговорена изготовителем.

Комплекты для периодической градуировки и проверки работоспособности газоанализаторов, предназначенных для контроля в одной точке, портативных и передвижных газоанализаторов состоят, как правило, из переносного баллона с поверочной смесью под давлением, средства регулирования расхода и адаптера для подачи поверочной смеси на газоанализатор. Для газоаналитических систем, использующих многоточечную систему отбора пробы, баллоны с поверочной смесью могут располагаться в непосредственной близости от газоанализаторов. В последнем случае для обеспечения автоматической градуировки баллоны могут быть присоединены к системе отбора пробы.

---

* Используют пересчитанные значения единиц величин, если это необходимо.

Существует возможность изготовления и хранения поверочных смесей, а также контрольных газовых смесей в баллонах под давлением, полностью отвечающих требованиям газового анализа. Многие смеси могут быть приготовлены с применением сухого или синтетического воздуха в качестве газа-наполнителя, что важно для термохимических и других датчиков, для нормального функционирования которых требуется воздух. Существуют ограничения, накладываемые требованиями безопасности, относительно возможности изготовления газовых смесей в воздухе с содержанием горючего газа большем, чем 50 % НКПР.

Для газовых смесей, содержащих агрессивные газы, срок хранения увеличивается, если они приготовлены на основе специально осушенного азота, в общем случае это обычная практика для подобного рода газовых смесей, если она совместима с принципом измерения датчиков.

Для проверки работоспособности трассовых газоанализаторов необходимо в оптический путь поместить поверочную газовую кювету. На практике содержание горючего газа в поверочной газовой кювете превышает 100 % НКПР (см. 4.5), однако поверочные газовые смеси для инфракрасных газоанализаторов могут быть изготовлены на основе азота, а не воздуха, что обеспечивает их взрывобезопасность.

Для градуировки газоанализаторов, определяющих несколько компонентов, обычно применяют газовую смесь, содержащую только поверочный компонент, и используют данные по относительной чувствительности газоанализатора к остальным определяемым компонентам. Подробности приведены в 4.3.3.2.

Для баллонов с газовыми смесями под давлением во избежание конденсации компонентов смеси необходимо соблюдать минимальную температуру хранения, приведенную изготовителем смесей.

4.3.2.3 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 хлора, диоксида углерода, диоксида серы, 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.

4.3.2.4 Токсичность газов

Некоторые горючие газы, особенно аммиак, сероводород, синильная кислота, оксид углерода, метиламин и формальдегид, являются высокотоксичными даже при их очень низком содержании в воздухе, которое не определяется газоанализаторами горючих газов, несмотря на то что эти газы приведены в IEC 60079-20-1 и могут быть обнаружены теми же газоанализаторами при условии, что их содержание сопоставимо с НКПР. Если есть вероятность присутствия таких газов, то для их обнаружения потребуются избирательные датчики на конкретные токсичные газы и, возможно, дополнительные меры предосторожности, если в данной зоне присутствует персонал.

Необходимо принять во внимание, что некоторые негорючие газы также обладают высокой токсичностью (например хлор, диоксид серы, 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 (см. 4.4.4).

4.3.2.5 Влияние паров воды

Хотя в данном разделе рассматривается определение только горючих газов, обычно невозможно игнорировать присутствие паров воды. Они могут создавать проблемы, например, когда охлажденный газоанализатор быстро перемещается в теплую и влажную атмосферу. 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 20,8 % или

20,9 % до 16 % и ниже только из-за образования пленки воды, сконденсировавшейся на холодной мембране датчика. В таком случае чувствительность датчика может восстанавливаться медленно, в течение нескольких минут, по мере того как он прогревается до температуры окружающей среды, а влага испаряется.

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

4.3.3 Определение паров горючих жидкостей

4.3.3.1 Общие положения

Свойства паров описываются более сложными зависимостями, чем свойства газов. Пары образуют вещества, в которых жидкое или твердое состояние может находиться в равновесии с газообразным состоянием при нормальных или незначительно отличающихся от нормальных значений 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 с их свойствами.

Скорость испарения жидкости возрастает с увеличением температуры, и максимальная 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, которое можно достигнуть при заданной температуре (объемная доля насыщенного пара), обратно пропорционально абсолютному давлению. В связи с этим повышение давления может привести к конденсации паров.

Экспериментальным путем установлено, что при постоянном давлении объемная доля насыщенного пара увеличивается в 1,5—2 раза на каждые 10 °С при повышении температуры жидкости и снижается в 1,5—2 раза на каждые 10 °С при уменьшении 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, называется температурой кипения.

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

Действительное значение содержания пара будет меньше расчетного при движении атмосферного воздуха над поверхностью жидкости или при недостатке времени для установления равновесия «пар — жидкость». Максимальное количество пара может скопиться в замкнутом объеме, особенно если длительное время отсутствует приток свежего воздуха, а перемешивание паровоздушной смеси происходит медленно путем конвекции или механически.

Горючие жидкости имеют температуру вспышки, которая определяется способом, отличным от способа определения НКПР. Собственно говоря, эта температура равна температуре, при которой содержание пара над поверхностью жидкости достигает 100 % НКПР.

Все эти свойства накладывают ограничения на содержание паров жидкости в смеси с газами. При любой объемной доле 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 видам пара. Следовательно, ниже точки росы состав любой парогазовой смеси должен измениться. Если конденсация пара произошла внутри газоаналитической системы или на поверхности датчика, то это может привести к ложным, меньшим относительно действительного значения показаниям газоанализаторов. Кроме того, при испарении ранее конденсированного пара с газоанализаторов при возвращении газоанализаторов на «чистый» воздух возможно появление ложных завышенных показаний оборудования.

4.3.3.2 Градуировка

Помимо ограничений на газовые смеси, указанных в 4.3.2.1, существуют практические ограничения для применения поверочных смесей, содержащих горючие пары, в условиях эксплуатации, обусловленные 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 от 2 до 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 взрывоопасных паров. Однако в других отраслях промышленности редко удается приготовить для применения вне лабораторий поверочную газовую смесь, которая будет полностью соответствовать пару определяемой горючей жидкости.

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 средств, и обычно значения относительной чувствительности определяют только для конкретной модели газоанализатора, а не для каждого прибора в отдельности. 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 поверочную газовую смесь, 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 поверочной газовой смеси, содержащей метан, то для других газов и паров он будет давать завышенные показания, что не снижает уровень безопасности, обеспечиваемый этим оборудованием.

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 поверочную газовую смесь с целевым компонентом метаном, даже если фактически использовалась другая смесь. Во всех остальных случаях для градуировки рекомендуется использовать поверочные газовые смеси с целевым компонентом пропаном, пентаном или гексаном, поскольку чувствительность к ним начинает снижаться раньше, чем ко всем другим веществам.

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

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

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

4.3.3.3 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, это — метанол, гидроксиламин, гидразин и пероксид водорода, причем последние три встречаются редко.

Все другие пары тяжелее воздуха, причем большая их часть значительно тяжелее. Распространяясь от места утечки, в отсутствие источников тепла они сначала устремятся в более низкие участки земли или растекутся по поверхности. Пока они хорошо не смешаются с воздухом, они будут держаться ближе к земле, возможно, на расстоянии всего нескольких сантиметров — именно здесь возникает 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 °С 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. Для этих веществ справедливо правило: 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 для «стойких к отравлению» исполнений.

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 загрязнены конденсатом или загрязнены попавшими в них брызгами горючей жидкости, то газоанализатор будет выдавать неверные показания. Кроме того, после образования конденсации произойдет повторное испарение при возврате к более чистому воздуху, что может привести к созданию предпосылок для опасной ситуации и неверным показаниям (см. 4.3.3.1).

4.3.3.4 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

4.4.1 Общие положения

При работе в замкнутых пространствах и угольных шахтах необходимо применять стационарные или переносные газоанализаторы кислорода. Обычно в переносных газоанализаторах датчик кислорода сочетается с датчиком горючих газов, а часто также с датчиками токсичных газов.

Некоторые разновидности кислородных датчиков чувствительны к перепадам давления и поэтому требуют проверки показаний в чистом воздухе и, возможно, регулировки перед каждым использованием, а также при значительном изменении высоты над уровнем моря при использовании газоанализаторов, например при подъеме на значительную высоту или при спуске по стволу шахты.

Объемная доля кислорода в сухом воздухе составляет приблизительно 20,9 %. Аварийная сигнализация, сообщающая о недостатке кислорода, обычно срабатывает в диапазоне от 17 % до 19,5 %.

При значении порога, равном объемной доле кислорода, например 19 %, сигнализация сработает при недостатке кислорода 1,9 % объемной доли или когда относительный дефицит кислорода составит 10 %. В некоторых обстоятельствах (присутствие токсичных газов) 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 когда относительный дефицит кислорода составит 7 %. В определенных случаях этого также может оказаться недостаточно для защиты персонала.

Часто данных по содержанию горючих газов и кислорода недостаточно для вывода о безопасности окружающей среды. Недостаток кислорода может быть связан с наличием в воздухе токсичных веществ, содержание которых также требуется определять.

Существует три основных физических и химических механизма, которые могут вызвать недостаток кислорода. Эти механизмы описаны в 4.4.2—4.4.4, в качестве отправной точки используется приведенный выше пример с установкой порога аварийной сигнализации, равного объемной доле кислорода 19,5 %.

4.4.2 Химическая реакция кислорода с образованием твердых веществ

Самым известным примером такой химической реакции является коррозия стали и других металлов. Кислород воздуха химически связывается при окислении металла. 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.

4.4.3 Химическая реакция кислорода с образованием газообразных продуктов реакции

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., то даже после того, как дым рассеется, среда с объемной долей оставшегося кислорода 19,5 % может оказаться смертельно опасной из-за присутствия в ней оксида углерода, образующегося при неполном сгорании одновременно с диоксидом углерода, с содержанием оксида углерода 0,2 % (2 000 млн %) и более.

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.

4.4.4 Разбавление воздуха путем замещения его другим газом или паром

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

Недостаток объемной доли кислорода в 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) инертные газы, нетоксичные

Более подробно описание приведено в следующих разделах. Если причиной недостатка воздуха является разбавление воздуха инертным нетоксичным газом, таким как азот, аргон, гелий, неон или водяной пар, то увеличение объемной доли инертного газа в воздухе до 7 % совершенно безопасно. Эта ситуация подобна описанной в 4.4.2.

Примечание — В некоторых помещениях специально снижается содержание кислорода до 12 % или 15 % разбавлением воздуха инертным газом для снижения риска возникновения пожара. Такие помещения может посещать обслуживающий персонал. В этом случае при использовании переносных газоанализаторов необходимо установить для них соответствующий порог срабатывания сигнализации. Для доступа в помещения с пониженным содержанием кислорода требуется специальное медицинское обследование персонала в соответствии с требованиями национального законодательства;

b) горючие газы, нетоксичные

Разбавление воздуха горючим нетоксичным газом, таким как водород, метан (природный газ) или этан. Среда может оставаться безопасной для дыхания в течение непродолжительного времени, но при превышении НКПР она станет взрывоопасной. Датчик горючих газов, так же как и датчик кислорода, выдаст аварийный сигнал до того, как окружающая среда станет опасной;

c) горючие газы, токсичные

Разбавление воздуха горючими токсичными газами, такими как ацетилен, этилен, пропан, сжиженный углеводородный газ или бутан. Человек сможет выжить при нахождении в такой среде не более нескольких секунд. При этом при превышении НКПР среда становится взрывоопасной, и датчик горючих газов выдаст аварийную сигнализацию;

d) разбавление воздуха негорючими токсичными веществами

Определение недостатка кислорода никогда не должно применяться для контроля токсичных газов.

Предостережение — Никогда нельзя использовать кислородные датчики для контроля объемной доли CO_2, замещающего кислород в атмосфере!

Использование кислородных датчиков для контроля углекислого газа привело к гибели людей.

4.5 Специальные применения

4.5.1 Контроль содержания газов как средство уменьшения риска возникновения взрыва

4.5.1.1 Общие положения

Газоанализаторы при грамотных действиях персонала представляют собой средство для уменьшения вероятности возникновения взрыва путем устранения источника взрыва (например, выключения невзрывозащищенного оборудования, которое может быть расположено во взрывоопасной атмосфере) или снижения содержания горючего газа до концентрации меньше 25 % НКПР.

Надлежащее использование газоанализаторов и средств вентиляции позволяет установить электрическое и механическое невзрывозащищенное оборудование в зонах, где возможно появление горючих газов.

Функции безопасности, реализуемые газоанализаторами, и инициируемые ими действия:

a) выключение невзрывозащищенного оборудования при срабатывании аварийной сигнализации загазованности;

b) увеличение расхода приточного воздуха (повышение эффективности вентиляции) для недопущения создания концентрации горючего газа свыше 25 % НКПР;

c) выдача сигнала в систему безопасности на выключение технологического оборудования, если присутствие горючего газа свидетельствует о потере герметичности оборудования;

d) для помещений, находящихся под герметизацией, закрытие вентиляционных заслонок для предотвращения попадания газа. См. также IEC 60079-13 относительно изоляции невзрывозащищенного оборудования внутри помещения;

e) для анализаторных помещений — требования установлены в IEC 61285, важной частью которых являются газоанализаторы.

Значение уставки аварийной сигнализации загазованности должно быть 20 % НКПР или менее.

Во всех случаях при содержании горючего газа свыше 20 % НКПР должна срабатывать звуковая и световая сигнализация.

При регистрации наличия горючего газа в количестве, не превышающем уставку аварийной сигнализации загазованности (независимо от того, используется предупредительная сигнализация или нет), должны выполняться следующие действия:

- поиск неисправностей и начало ремонтных работ;
- включение системы вентиляции или увеличение притока уже включенной системы вентиляции для предотвращения выключения невзрывозащищенного оборудования;
- отключение процессов, которые могут привести к значительным утечкам и срабатыванию аварийной сигнализации загазованности.

Газоанализаторы горючих газов должны соответствовать IEC 60079-29-1 или IEC 60079-29-4.

4.5.1.2 Эффективность вентиляции

Естественная и искусственная вентиляция выполняет следующие функции:

a) увеличение скорости растворения и рассеивания горючего газа за пределы опасной зоны;

b) исключение ситуации, при которой взрывоопасная смесь в зоне присутствует постоянно; это влияет на классификацию взрывоопасной зоны.

Считается, что для достижения требуемого уровня безопасности необходимо, чтобы при максимальной эффективности вентиляции содержание горючего газа в любом случае не превышало 25 % НКПР. Использование газоанализаторов при этом необязательно, но рекомендуется для того, чтобы гарантировать высокий уровень безопасности при выходе системы вентиляции из строя.

Если эффективность вентиляции недостаточна, то для выполнения требований безопасности необходимо одновременное использование как системы вентиляции, так и газоанализаторов, а также необходимо выполнять рекомендации, изложенные ниже.

Любой расход приточного воздуха должен сравниваться с ожидаемой интенсивностью утечки горючего газа при разных условиях эксплуатации оборудования. Относительное сравнение расхода приточного воздуха и интенсивности утечки горючего газа будет определять то, как должны взаимодействовать газоаналитическое оборудование и система вентиляции.

Руководство по установке и определению эффективности вентиляции содержится в IEC 60079-10-1:2008 (приложение B).

4.5.1.3 Применение газоанализаторов в зонах с высокой эффективностью вентиляции

В зонах с высокой эффективностью вентиляции основной защитой от накопления горючего газа является высокий расход приточного воздуха. Расход приточного воздуха рассчитывается таким образом, чтобы в вентилируемой зоне содержание горючего газа (или пара горючей жидкости) не превышало 25 % НКПР.

Расход приточного воздуха устанавливается из расчета максимальной ожидаемой утечки.

В зонах с высокой эффективностью вентиляции газоанализаторы горючих газов представляют собой вспомогательное средство защиты на случай выхода системы вентиляции из строя.

Если система вентиляции вышла из строя (аварийная ситуация), требуется выключение всего невзрывозащищенного оборудования, которое может служить источником взрыва.

4.5.1.4 Применение газоанализаторов в зонах со средней эффективностью вентиляции

Если оценить максимальную интенсивность утечки невозможно, то при расчете расхода приточного воздуха задаются ожидаемой интенсивностью утечки. При этом в вентилируемой зоне необходимо контролировать, чтобы содержание горючих газов и паров не превысило 25 % НКПР. Нельзя исключать такого случая, когда интенсивность утечки может превысить расчетное значение, в этом случае вентиляция не может сама по себе обеспечить соответствующий уровень безопасности.

При выборе минимального расхода приточного воздуха и при выборе мест размещения вентиляционного оборудования должна приниматься во внимание необходимость исключения возможности накопления горючего газа в углах и за стенками оборудования.

В зонах со средней эффективностью вентиляции газоанализаторы в сочетании с системой вентиляции обеспечивают дополнительный уровень защиты опасной зоны и должны рассматриваться как основная часть системы безопасности. Газоанализаторы должны обеспечивать увеличение расхода приточного воздуха при содержании горючего газа, меньшем или близком к 20 % НКПР. Если увеличение расхода приточного воздуха не может уменьшить содержание горючего газа, то необходимо обеспечить включение аварийной сигнализации и выключение всего невзрывозащищенного оборудования.

В зависимости от конкретных условий эксплуатации значение уставки предупредительной сигнализации загазованности задают в диапазоне от 5 % до 20 % НКПР, при срабатывании сигнализации загазованности следует увеличить приток воздуха.

Если один из этих элементов системы безопасности выйдет из строя (газоанализатор или система вентиляции), должен быть выдан сигнал «отказ оборудования». Оборудование, которое может служить источником воспламенения, может быть оставлено во включенном состоянии еще некоторое непродолжительное время, если немедленное или автоматическое его выключение может привести к возникновению еще более опасной ситуации, при условии что приняты меры к проведению ремонтных и других работ для восстановления нормальной эксплуатации оборудования.

4.5.1.5 Применение газоанализаторов в зонах с низкой эффективностью вентиляции

Если приток воздуха, обеспечиваемый системой вентиляции, недостаточен для снижения концентрации горючих газов менее 25 % НКПР, то эффективность вентиляции считается низкой. В зонах с низкой эффективностью вентиляции разбавление воздуха может быть таким незначительным, что потребуется пересмотреть классификацию опасной зоны (например, установить 1-й класс зоны вместо 2-го). Для того чтобы использовать в этих зонах оборудование с повышенной надежностью против взрыва, необходимо обеспечить проведение постоянного и непрерывного контроля содержания горючих газов при помощи стационарных газоанализаторов.

В зонах с низкой эффективностью вентиляции система вентиляции и газоанализаторы представляют собой средство обеспечения безопасности. Уровни сигнализации и действия, которые необходимо предпринимать в том или ином случае (увеличение расхода приточного воздуха, отключение невзрывозащищенного оборудования), должны быть такими, как указано в 4.5.1.4.

4.5.1.6 Применение газоанализаторов в вентилируемых зонах с рециркуляцией

Применение вентиляции с рециркуляцией (приток наружного воздуха меньше требуемого расхода приточного воздуха, часть вытяжного воздуха повторно подается в помещение) требует выполнения следующих условий:

1) вентилируемая зона непрерывно контролируется при помощи газоанализаторов горючих газов;

2) содержание горючих газов контролируется в возвращаемом в помещение воздухе на входе в вентиляционную систему;

3) общий расход приточного воздуха при использовании рециркуляции не уменьшается;

4) газоаналитическая система останавливает рециркуляцию при повышении концентрации горючего газа в воздухе до 20 % НКПР и одновременно увеличивает расход наружного приточного воздуха;

5) расход наружного приточного воздуха достаточен для поддержания в воздухе концентрации горючего газа менее 25 % НКПР;

6) при концентрации горючего газа, близкой к 20 % НКПР, невзрывозащищенное оборудование должно быть выключено;

7) при выходе из строя вентиляционной системы в систему безопасности должен быть выдан сигнал «отказ вентиляции», при этом выключение невзрывозащищенного оборудования не является обязательным, если приняты меры к восстановлению работоспособности системы вентиляции и газоаналитическая система работает нормально.

4.5.2 Разрешение на проведение работ в опасной зоне при отсутствии газа в воздушной среде

4.5.2.1 Общие положения

Оборудование, эксплуатируемое в опасной зоне и имеющее соответствующий вид и уровень взрывозащиты, требуется периодически останавливать для проведения технического обслуживания и ремонта. Для проведения подобного рода работ требуется получение разрешения на проведение работ при отсутствии газа в воздушной среде. Эти работы могут быть проведены в опасной зоне с использованием дополнительного оборудования для определения горючих газов и должны выполняться подготовленным персоналом.

Примечание — Для подобного рода работ могут применяться портативные (носимые), переносные и стационарные газоанализаторы.

Для проведения работ, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом оборудования и выполняемых в опасной зоне, допускается применять любые переносные приборы или оборудование, которые могут служить источником воспламенения (за исключением оборудования электродуговой сварки). Условиями использования подобного рода оборудования является контроль содержания горючих газов, осуществляемый обученным персоналом.

Дополнительное оборудование, используемое для контроля содержания горючих газов в опасной зоне, где проводятся работы, должно соответствовать IEC 60079-0 и IEC 60079-29-1 и должно

быть предназначено для определения именно тех горючих газов и паров, которые могут присутствовать в опасной зоне.

4.5.2.2 Порядок действий

Дополнительное газоаналитическое оборудование, используемое для контроля содержания горючих газов в опасной зоне, где проводятся работы, в месте и во времени, которые указаны в разрешении на проведение работ, должно быть предназначено и отградуировано для определения именно тех горючих газов и паров, которые могут присутствовать в зоне проведения работ в течение времени, указанного в разрешении на проведение работ.

Условием для проведения технического обслуживания и ремонта взрывозащищенного оборудования в опасной зоне, при которых временно отключаются все или отдельные виды его защиты, должно быть выполнение следующих действий:

a) до начала работ в соответствии с полученным разрешением для всех переносных, носимых (портативных) газоанализаторов должна быть выполнена проверка работоспособности с использованием поверочных (контрольных) газовых смесей, содержащих известную концентрацию горючего газа;

b) штатными средствами контроля должно быть установлено отсутствие горючих газов по всей территории зоны проведения работ;

c) для непрерывного подтверждения отсутствия горючих газов контроль их содержания должен осуществляться непрерывно;

d) обслуживание и использование газоанализаторов должно осуществляться только специально обученным персоналом;

e) в течение всего времени проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту должны быть приняты дополнительные и адекватные меры, которые обеспечивают уверенность в том, что персонал в случае возникновения чрезвычайной ситуации при обнаружении горючего газа способен правильно выполнить свои обязанности.

До получения разрешения на проведение работ в зоне, свободной от газа, должны быть успешно выполнены действия согласно перечислениям a) и b), для того чтобы удостовериться, что зона работ действительно свободна от газа. Эти действия должны быть успешно выполнены до того, как будут временно отключены все или отдельные виды защиты, и до того, как на оборудование, которое может служить источником взрыва, будет получено разрешение на размещение его в опасной зоне.

4.5.3 Контроль приточного воздуха

При недопустимости присутствия в приточном воздухе горючих газов и паров, например в воздухе, нагнетаемом в помещение или для питания двигателя внутреннего сгорания, расположенных во взрывоопасной зоне, необходимо контролировать содержание горючих газов в приточном воздухе при помощи газоанализаторов. В этом случае при обнаружении горючих газов необходимо выполнить следующие действия:

1) закрыть задвижки и выключить электрическое питание вентилятора при необходимости;

2) остановить технологический процесс, для того чтобы прекратить распространение горючего газа и подготовить оборудование к обесточиванию;

3) обесточить систему электроснабжения невзрывозащищенного оборудования и инструментов.

Требуется быть осторожным при установке газоанализаторов горючих газов в воздуховоды или иные места с турбулентным потоком воздуха. Подобное оборудование должно быть специально спроектировано, проверено и быть специально предназначено для определения малых уровней загазованности в условиях турбулентных потоков воздуха. Только в этом случае можно быть уверенным в том, что вышеупомянутые действия будут выполнены, когда в вентиляционную систему попадут горючие газы и пары.

Помещения и оболочки, расположенные в зоне 1 или 2 и использующие взрывозащиту вида «p» — «заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением p», должны соответствовать требованиям IEC 60079-13 и (или) IEC 61285. Источники чистого воздуха, используемые для нагнетания избыточного давления в такие помещения и оболочки, должны контролироваться на предмет обнаружения горючих газов и паров.

4.6 Единицы физической величины, используемые при измерениях содержания компонентов в газовых средах, и специальные единицы, применяемые для трассовых газоанализаторов

В настоящем разделе используются следующие единицы физической величины:

a) объемная доля в процентах (percentage volume fraction, % v/v);

b) нижний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) (НКПР), выраженный в процентах.

Примечание — НКПР метана составляет 4,4 % объемной доли в воздухе (см. IEC 60079-20-1);

c) верхний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) (ВКПР) (upper explosive limit, UEL);

d) объемная доля, выраженная в частях на миллион (млн$^{-1}$), используется для измерений токсичных газов и паров, а также для измерений горючих газов и паров при малых концентрациях.

Приведенные единицы физической величины применимы к датчикам и оборудованию для отбора проб, предназначенным для определения кислорода, горючих и токсичных газов и паров, когда датчик контролирует состав среды в непосредственной близости от датчика, но определяемый компонент, как правило в небольших концентрациях, равномерно распределен в окружающей датчик среде.

Ситуация становится совершено иной для трассовых газоанализаторов, где длина оптического пути, т. е. расстояние между излучателем и приемником оптического излучения, может быть от 1 до 200 м. Анализируемая среда в этом случае — это все газы, находящиеся в объеме между приемником и излучателем. Трассовые газоанализаторы не могут определить, присутствует ли в анализируемой среде единственный источник малой протяженности с высоким содержанием горючего газа или протяженное скопление с малым содержанием горючего газа. При помощи трассовых газоанализаторов также невозможно определить присутствие одного или нескольких источников горючего газа вдоль оптического пути. Трассовые газоанализаторы могут измерять либо интегральную концентрацию по всей длине оптического пути, выраженную в НКПР·м, как показано на рисунке 1, либо среднюю концентрацию, выраженную в % НКПР (среднее) по всей длине оптического пути, как показано на рисунке 2.

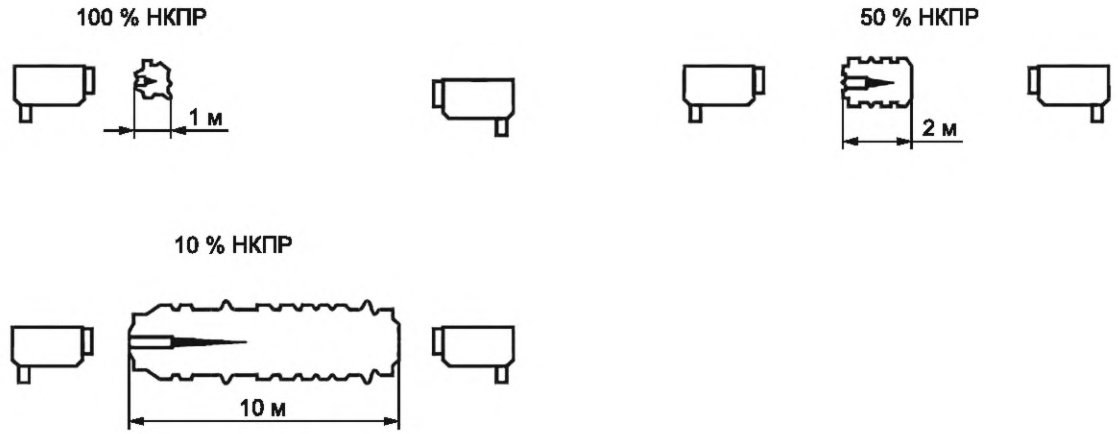

Рисунок 1 — Интегральная концентрация по длине пути

Три монитора с открытым контуром, показанные на рисунке 1, подробно показывают, как три различных источника горючих газов различной протяженности и с различным содержанием горючего газа могут дать одинаковый сигнал трассового газоанализатора, равный 1 НКПР·м.

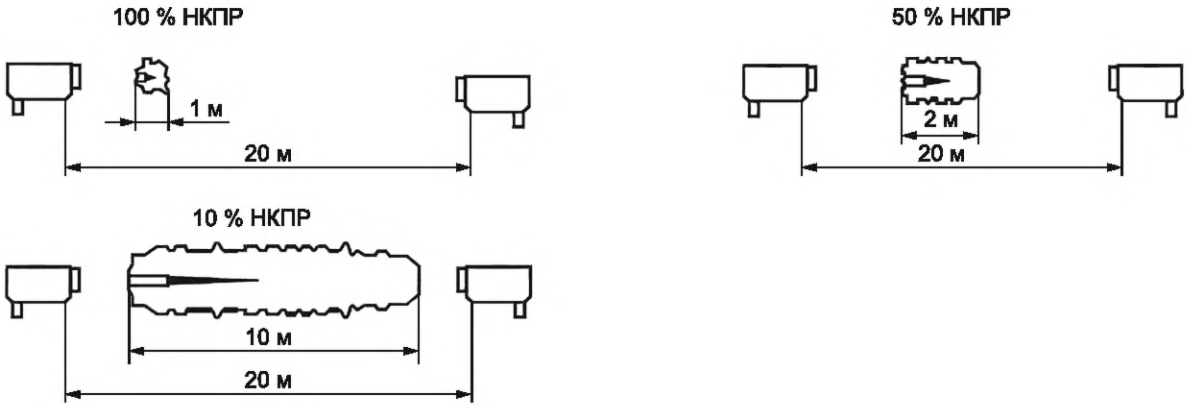

Рисунок 2 — Средняя концентрация по длине пути

Три монитора с открытым контуром, показанные на рисунке 2, подробно описывают, как три различных источника горючих газов различной протяженности и с различным содержанием горючего газа могут дать одинаковый сигнал трассового газоанализатора, равный 5 % НКПР (средняя концентрация пути).

5 Принципы измерения

5.1 Общие положения

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 5.2—5.10.5 идентичны заголовкам и нумерации пунктов А.5.2—А.10.5 приложения.

Для инженеров и руководителей представляется полезным знание принципов измерения газовых датчиков и (или) чувствительных элементов, когда они после разговора с производителем или поставщиком оборудования принимают решение о том, отвечает ли выбор того или иного газоанализатора требуемому применению. Однако технические характеристики и функции, выполняемые газоанализатором, определяются не только типом датчика или чувствительных элементов. При выборе оборудования должны быть приняты во внимание технические характеристики и выполняемые функции газоанализаторов, рассматриваемых в совокупности со вспомогательным оборудованием и программным обеспечением.

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 5.2—5.10 (А.2—А.10 (приложение А)).

Таблица 2 — Обзор газоаналитического оборудования с различными принципами измерения

	Каталитический датчик	Термокондуктометрический датчик	ИК-датчик	Полупроводниковый датчик	Электрохимический датчик	Пламенно-ионизационный датчик	Анализатор температуры пламени	Фотоионизационный датчик	Парамагнитный датчик кислорода
Подробности в пункте	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10
Необходимость присутствия O_2 в газовой пробе	Да	Нет	Нет	(Нет)	(Нет)	(Нет)	Да	Нет	Не применяется
Типичные диапазоны измерения горючих газов	≤100 % НКПР	(0)—100 об. д. %	0—(100) об. д. %	≤100 % НКПР	≤100 % НКПР	≤100 % НКПР	≤100 % НКПР	≤100 % НКПР	Не применяется
Типичный диапазон измерений для трассовых газоанализаторов	Не применяется	Не применяется	0—5 % НКПР·м	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется
Типичные диапазоны измерений для кислорода	Не применяется	Не применяется	0—100 об. д. % (со специальными чувствительными элементами)	Не применяется	0—25 % (0—100) об. д. %	Не применяется	Не применяется	Не применяется	0—100 об. д. %
Горючие газы, не поддающиеся измерению	Большие молекулы	(см. 5.3)	H_2	(см. 5.5)	Алканы	H_2, CO	(см. 5.8)	H_2, CO, CH_4 IP > X[e)]	Горючие газы
Относительное время срабатывания[a)]	В зависимости от вещества	Среднее	(Малое)	В зависимости от вещества	Среднее	Малое	Малое	Малое	От малого до среднего
Влияние негорючих газов[b)]	Нет	CO_2, фреоны	(Да)	SO_2, NO_x, H_2O	SO_2, NO_x	ClHCs[c)], фреоны	(Фреон)	Вещество IP < X[e)]	NO, NO_2
Отравление[b)]	Si, (Hal[d)]), (H_2S), Pb	Нет	Нет	Si, Hal[d)], SO_2	(Нет)	(Si)	Нет	Нет	Нет
Необходимость внешних газов	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Нет	(Да/Нет)

[a)] Качественное сравнение принципов измерения. Данные значения не учитывают время срабатывания газоанализаторов с принудительным пробоотбором.

[b)] В таблице приведены наиболее типичные примеры.

[c)] Хлорированные углеводороды.

[d)] Органические галогенные или неорганические галоидные соединения.

[e)] ИП — ионизационный потенциал вещества; X — энергия ультрафиолетовой лампы (далее — УФ-лампа) детектора.

Данные в скобках условны, следует смотреть соответствующий подпункт.

Примечание — Аббревиатура «об. д. %» означает «диапазон измерений».

Существуют альтернативные технологии обнаружения опасных ситуаций. Следует оценивать ограничения этих технологий, касающиеся возможности анализа газовой среды. Должны быть ясно осознаны риски для системы безопасности, связанные с применением таких методов обнаружения. Технологии, не соответствующие стандартам, применяемым к газоанализаторам (например, IEC 60079-29-1 или IEC 60079-29-4), должны рассматриваться только в качестве дополнительных методов обнаружения. Примером могут служить ультразвуковые датчики утечек из сосудов под давлением. Однако характеристики ультразвуковых датчиков утечки таковы, что сигнал при образовании утечки может превышать сигнал от сформировавшейся интенсивной утечки. Поэтому ультразвуковые датчики утечки должны рассматриваться как дополнение к газовым датчикам, но никогда как их замена. Другим примером может служить применение инфракрасных камер для обнаружения места утечки и оценки размера утечки, но которые не дают информацию о концентрации опасных веществ.

5.2 Термокаталитические датчики

5.2.1 Общие положения

Принцип действия термокаталитических датчиков основан на окислении горючего газа на поверхности электрически нагреваемого катализатора.

Термокаталитические датчики способны работать непрерывно в течение нескольких лет, 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 проницаемое 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 датчика. Огнепреградитель также защищает датчик от пыли, механических повреждений и потоков воздуха.

5.2.2 Область применения

Термокаталитические датчики применяют для определения довзрывоопасных концентраций смесей горючих газов и паров с воздухом (НКПР). Термокаталитические датчики определяют практически все горючие газы, но имеют разную чувствительность к различным горючим газам.

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.

5.2.3 Ограничения

Принцип действия термокаталитического датчика основан на каталитическом окислении, а оно происходит только тогда, когда присутствует достаточное количество кислорода. Недостаток кислорода может быть вызван большим содержанием горючего газа, значительно превышающим НКПР, или большим содержанием инертного газа.

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

Следовательно, газоанализаторы с термокаталитическими датчиками, соответствующие требованиям IEC 60079-29-1, 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.

Если датчики или газоанализаторы не обеспечивают функцию блокировки сигнала перегрузки, блокировка должна обеспечиваться блоком управления в соответствии с IEC 60079-29-1.

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

Изменения давления, температуры и влажности не оказывают существенного влияния на показания термокаталитического датчика в диапазоне 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.

По указанным выше причинам термокаталитические датчики не подходят для применений, в которых требуется высокая чувствительность (например, для диапазонов измерений значительно ниже от 0 % НКПР до 10 % НКПР).

5.2.4 Влияние неопределяемых компонентов

Если контролируемая среда содержит инертные газы, например азот или диоксид углерода, то термокаталитические датчики могут выдать слабый или даже нулевой сигнал. Похожие проблемы могут возникнуть из-за присутствия паров воды, которые, сконденсировавшись, могут закрыть поверхность огнепреградителя, предотвратив проникновение газов к термокаталитическому датчику.

5.2.5 Отравление

Термокаталитические датчики чувствительны к отравлению веществами. Потеря чувствительности в результате отравления может быть необратимой или временной в зависимости от природы вещества.

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

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

Так называемые устойчивые к ядам датчики могут выдерживать более высокие дозы таких веществ, чем традиционные датчики, прежде чем у них пропадет чувствительность. При этом могут ухудшиться другие их свойства (например, кроме снижения чувствительности, может увеличиться время установления показаний).

Те датчики, которые не являются «стойкими к отравлению», в ряде случаев могут быть защищены от большинства каталитических ядов при помощи фильтров. Однако следует помнить, что фильтрами необходимо пользоваться с большой осторожностью. Необходимо следовать информации, изложенной в приложении А.

Следует обратиться к руководству по эксплуатации газоанализатора, чтобы выяснить, какие вещества могут отравить катализатор и как защитить датчик.

5.3 Термокондуктометрические датчики

5.3.1 Общие положения

Принцип действия термокондуктометрических датчиков основан на измерении разности температур между электрически нагреваемым резистивным элементом, помещенным в контролируемую среду, и таким же элементом, помещенным в камеру с газом сравнения, вызванной различием в теплопроводности определяемого компонента и газа сравнения. Датчик не изменяет химического состава пробы.

Термокондуктометрические датчики применяют для определения таких газов, теплопроводность которых в желаемом диапазоне измерений значительно отличается от теплопроводности сравнительной среды (обычно воздуха).

5.3.2 Область применения

Для применения термокондуктометрических датчиков не требуется наличие кислорода и с их помощью можно измерять содержание газа до 100 % объемной доли. На практике верхний предел диапазона измерений термокондуктометрического датчика превышает НКПР.

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 считается приемлемой.

5.3.3 Ограничения по применению

Термокондуктометрический метод применим в тех 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 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.

5.3.4 Влияние неопределяемых компонентов

Каждый газ характеризуется собственной теплопроводностью и, соответственно, любой газ оказывает влияние на показания термокондуктометрического датчика.

В большинстве случаев сильным влиянием обладают пары воды, тем более что их содержание в воздухе сильно колеблется, особенно в жарком климате. Может потребоваться осушение пробы.

5.3.5 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

5.4 Инфракрасные датчики

5.4.1 Общие положения

Принцип действия оптических ИК-датчиков основан на поглощении молекулами определяемого газа энергии светового потока.

ИК-датчики не искажают пробу, и им не требуется для работы присутствие кислорода. Эти датчики имеют продолжительный срок службы.

Этот тип датчиков позволяет использовать самодиагностику, данное свойство увеличивает интервал технического обслуживания датчика. Однако особое внимание следует уделить засорению защитных фильтров в газовом тракте, так как при самостоятельной диагностике это, как правило, не обнаруживается.

5.4.2 Область применения

ИК-датчики градуируют для определения одиночного компонента и в некоторых случаях — для определения нескольких компонентов. Присутствие других газов не будет обнаружено, если их спектр поглощения в инфракрасной области лежит за пределами спектра пропускания приемника инфракрасного излучения (далее — ИК-излучение). Следовательно, газоанализаторы с такими датчиками следует использовать только для обнаружения таких 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 долей объемной доли % до 100 объемных долей %. Чем длиннее оптический путь, тем выше будет чувствительность датчика.

Трассовые газоанализаторы применяются для обнаружения низших алканов, алкенов и спиртов. Обычный диапазон измерений составляет от 0 до 5 НКПР·м.

5.4.3 Ограничения по применению

ИК-датчики не чувствительны к водороду.

Изменения давления анализируемой среды не влияют на нулевые показания, но чувствительность, как правило, прямо пропорциональна парциальному давлению определяемого компонента.

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

Трассовые газоанализаторы чувствительны к рассогласованию оптических осей.

5.4.4 Влияние неопределяемых компонентов

Неопределяемые компоненты (горючие и негорючие газы) могут вызывать изменение сигнала датчика.

Изменение концентрации паров воды в анализируемой газовой смеси может вызывать изменение сигнала. Газоанализаторы, отвечающие требованиям IEC 60079-29-1, 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 газоанализатора (например окон и зеркал). Когда для защиты от загрязнения элементов оптического тракта используют фильтры тонкой очистки, следует иметь в виду, что фильтры могут закупориться при сильном загрязнении пробы.

Воздействие неопределяемых компонентов и паров воды на показания трассовых газоанализаторов существенно больше, чем у других типов ИК-датчиков. Кроме того, трассовые газоанализаторы должны быть работоспособны при попадании в оптический путь пыли, тумана, дождя или снега, а также при наличии естественного и искусственного освещения. Трассовые газоанализаторы, соответствующие требованиям IEC 60079-29-4, подвержены минимальному уровню помех от всех перечисленных воздействий.

5.4.5 Отравление

Отравляющие воздействия на датчики неизвестны.

5.5 Полупроводниковые датчики

5.5.1 Общие положения

Принцип работы полупроводниковых датчиков основан на изменении электропроводности, вызванном хемосорбцией молекул определяемого компонента на поверхности нагретого чувствительного элемента.

5.5.2 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.

5.5.3 Ограничения по применению

Полупроводниковые датчики горючих газов, как правило, неизбирательны по отношению к отдельным компонентам, чувствительны к изменениям влажности и неопределяемым компонентам, для них характерен дрейф как нулевых показаний, так и чувствительности.

Новым датчикам может потребоваться длительная приработка (до нескольких недель) для стабилизации нулевых показаний и чувствительности перед проведением градуировки (см. приложение А).

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.

5.5.4 Влияние неопределяемых компонентов

Полупроводниковые датчики неизбирательны, однако улучшенные датчики могут иметь определенную селективность. Негорючие газы могут вызывать как отрицательный, так и положительный сигнал датчика. Некоторые газы, например NO_2, вызывают отрицательный сигнал по отношению к сигналу от горючих газов.

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.

5.5.5 Отравление

На чувствительность полупроводниковых датчиков оказывают сильное влияние (в большинстве случаев понижают ее, но иногда и повышают) такие 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.

5.6 Электрохимические датчики

5.6.1 Общие положения

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.

5.6.2 Область применения

Электрохимические датчики не подходят для обнаружения многих углеводородов. Их применяют для измерения объемной доли водорода или оксида углерода вплоть до 100 % НКПР и кислорода до 25 % объемной доли. 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 от 0 % до 100 % НКПР, использующие какойлибо из типов датчиков, описанных в настоящем стандарте, часто изготовляют в многоканальном исполнении, включая в их состав электрохимические датчики токсичных газов и кислорода.

5.6.3 Ограничения по применению

Может наблюдаться временная потеря чувствительности вследствие конденсации воды на мембране датчика.

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

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.

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.

5.6.4 Влияние неопределяемых компонентов

Электрохимические датчики 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 определяемым.

Для некоторых типов электрохимических датчиков чувствительность пропорциональна атмосферному давлению. Для датчиков других типов перепады давления создают опасность повреждения.

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 (см. приложение А).

5.6.5 Отравление

На электрохимические датчики могут влиять различные газы, содержащиеся в пробе, что может приводить к потере чувствительности датчиков.

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

5.7 Пламенно-ионизационные датчики

5.7.1 Общие положения

Принцип работы пламенно-ионизационных датчиков (ПИД) основан на ионизации в электрическом поле органических соединений, когда они сжигаются в пламени водородной горелки.

5.7.2 Область применения

ПИД используются, когда необходимы высокая чувствительность, широкий диапазон измерений, малая погрешность измерений, устойчивость к отравлению и быстрое время установления показаний. ПИД пригодны для измерений 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.

Данный тип датчиков пригоден для измерений при повышенных температурах.

5.7.3 Ограничения по применению

Принцип действия не обеспечивает избирательность, так как, как правило, все органические соединения вызывают появление сигнала датчика. Если предполагается присутствие различных газов в месте установки ПИД, необходимо провести градуировку датчика на тот газ, к которому он наименее чувствителен. При данном методе относительная чувствительность лучше поддается расчету, чем при других методах.

Данные датчики непригодны для обнаружения горючих неорганических газов. Они могут также обнаруживать некоторые органические вещества, которые не являются горючими.

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 (см. приложение А).

5.7.4 Влияние неопределяемых компонентов

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

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.

5.7.5 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.

5.8 Анализаторы температуры пламени

5.8.1 Общие положения

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 горючих примесей, поддерживающих горение пламени.

5.8.2 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 пригодны для измерений при повышенных температурах.

5.8.3 Ограничения по применению

АТП не являются избирательными, при высоком содержании определяемого компонента характеристика преобразования нелинейна.

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 (см. приложение А).

5.8.4 Влияние неопределяемых компонентов

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

5.8.5 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

5.9 Фотоионизационные датчики

5.9.1 Общие положения

Принцип действия фотоионизационных датчиков (ФИД) основан на ионизации газов с помощью УФ-излучения.

Метод не является специфическим по отношению к горючим газам. Для самых распространенных УФ-ламп этим методом не удастся обнаружить все горючие газы.

5.9.2 Область применения

ФИД используют, когда основными требованиями являются высокая чувствительность, устойчивость к отравляющим веществам и малое время установления показаний.

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

5.9.3 Ограничения по применению

Принцип измерения не обеспечивает избирательное определение горючих газов. Оксид углерода, водород, метан в воздухе не могут быть определены этим методом. 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.

5.9.4 Влияние неопределяемых компонентов

Чувствительность датчика сильно зависит от потенциала ионизации газа.

Пары воды могут вызвать выходной сигнал датчика, эквивалентный нескольким миллионным долям.

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 датчика.

5.9.5 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

Измерение содержания ряда соединений, например сложных эфиров или стирола, может привести к осаждению на колбе УФ-лампы продуктов распада.

5.10 Парамагнитные датчики кислорода

5.10.1 Общие положения

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 меньшей степени, для других газов эффект практически отсутствует, что делает этот метод очень избирательным к кислороду при отсутствии значительных количеств оксидов азота.

5.10.2 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 до 1 % объемной доли и от 0 до 100 % объемной доли.

Время установления показаний зависит от особенностей конструкции датчика.

5.10.3 Ограничения по применению

В зависимости от особенностей конструкции датчика газоанализаторы могут содержать источники воспламенения (нагретые чувствительные элементы), могут быть чувствительными к ударам и (или) вибрации, а также требовать для своей работы один или несколько вспомогательных газов.

5.10.4 Влияние неопределяемых компонентов

За исключением NO и NO_2, чувствительность к которым составляет приблизительно 50 % и 4 % по отношению к чувствительности датчика по кислороду, существенной чувствительности к другим газам не выявлено.

5.10.5 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

6 Выбор газоаналитического оборудования

6.1 Общие положения

В настоящем 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 объемной, особенно для больших стационарных систем, и должна вестись в виде легкопроверяемого комплекта документации. Важно, чтобы она содержала информацию обо всех изменениях, производимых в газоаналитическом оборудовании, и содержала отчеты о проведенном техническом обслуживании и отчеты о проведенных градуировках. В приложении С представлен типовой опросный лист, который поможет принять решение на первоначальном этапе.

Примечание 1 — IEC 60079-29-1 и IEC 60079-29-4, устанавливающие общие технические требования к газоанализаторам горючих газов, включают в себя определенный минимум испытаний на воздействие различных внешних условий среды. Диапазон изменения параметров окружающей среды для этих испытаний приведен в приложении В. Для оборудования, отвечающего требованиям IEC 60079-29-1 и IEC 60079-29-4, испытания могут проводиться при условиях, выходящих за указанные пределы. В этом случае подробную информацию можно получить у изготовителя оборудования.

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 горючих жидкостей. Руководствоваться можно указаниями, приведенными 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 2 — Целью настоящего стандарта не является наложение ограничений на использование газоанализаторов, принципы действия которых отличны от описанных в 5.2—5.10, или препятствие развитию новых методов определения. Однако для метода определения крайне важно, чтобы технические характеристики газоанализаторов соответствовали намеченному применению, а их использование было безопасным.

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

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

Примечание 3 — Оценка газоанализаторов горючих газов на соответствие техническим требованиям, приведенным в IEC 60079-29-1 и IEC 60079-29-4, может послужить основой для принятия решения о применении газоанализатора конкретного типа;

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

Взрывозащищенность оборудования должна подтверждаться его соответствием требованиям стандартов серии IEC 60079. Требования распространяются на все части газоанализаторов, в том числе на датчики токсичных газов и кислорода. Испытания, сертификация и маркировка должны соответствовать действующим национальным нормам. Это требование является обязательным для всех применений.

Предостережение — Стандартная классификация зон и соответствующая взрывозащита оборудования недействительны для сред, обогащенных кислородом, например в случае газовых смесей для сварки.

6.2 Критерии выбора оборудования

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 требуемую погрешность измерений;

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, носимыми или переносными (портативными). Подробно о преимуществах и ограничениях этих трех видов газоанализаторов см. в разделах 8 и 9;

e) метод отбора пробы — диффузионный или принудительный. Подробно о способах доставки пробы см. в 6.2.3 и 8.2;

f) класс взрывоопасной зоны, где предполагается установка газоанализаторов;

g) указания по выбору средств взрывозащиты, приведенные в IEC 60079-14;

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

i) 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;

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

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

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

m) 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 измерений 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 которых могут свести к нулю выходной сигнал датчика;

- были изменены условия окружающей среды (если не предусмотрена их компенсация), которые могут влиять на выходной сигнал отдельных видов датчиков.

6.2.1.2 Время срабатывания газоаналитической системы

Газоаналитическая система для определения горючих газов должна быть спроектирована таким образом, чтобы время срабатывания всей системы было меньше, чем максимальное время срабатывания, 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 показаний 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 профессиональной подготовки 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 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 5.2—5.9, реагируют на большинство или на все горючие компоненты смеси, не различая их между собой.

Когда необходимо контролировать газовую смесь с известным компонентным составом, рекомендуется, если это возможно, использовать для градуировки поверочную газовую смесь такого же состава. Если состав газовой смеси неизвестен, рекомендуется градуировать газоанализатор по поверочной газовой смеси, содержащей тот газ, чувствительность к которому минимальна. Следует убедиться, чтобы таким образом градуированные датчики оставались в должной мере чувствительными к другим газам, которые могут присутствовать в анализируемой среде. Если это невозможно реализовать на практике, то можно прибегнуть к альтернативному подходу: выбрать несколько разных датчиков, отградуированных на различные газы, которые могут присутствовать в анализируемой среде.

Предостережение — Определение вещества, чувствительность к которому газоанализаторов минимальна, является непростой задачей и может потребовать большого объема экспериментальных работ. В этом случае требуется получить рекомендации изготовителя.

Примечание — Калибровка в худшем случае основана на использовании газа с наименьшей чувствительностью по отношению к диапазону измерения.

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 IEC 60079-0. Информация об отнесении конкретного газа к той или иной подгруппе приведена в IEC 60079-20.

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 ацетиленокислородные 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. Другие датчики, особенно инфракрасные, не зависят от содержания кислорода в анализируемой среде.

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

- быть уверенным в том, что в анализируемой среде присутствует минимальное содержание кислорода, необходимое для правильной работы газоанализатора горючих газов;
- быть уверенным в том, что в анализируемой среде содержание кислорода не превышает максимально разрешенного значения;
- 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 IEC 60079-29-1 и IEC 60079-29-4).

6.2.3 Применение стационарного оборудования

6.2.3.1 Общие положения

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

Как правило, стационарные газоанализаторы и газоаналитические системы состоят из датчиков, трассовых газоанализаторов, точек отбора пробы, 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 стационарных газоанализаторов или стационарных систем установлены неподвижно.

Должна быть проведена оценка соответствия условиям конкретного применения всей системы, включая выбор, примерное количество и размещение датчиков, точек отбора проб или трассовых газоанализаторов (см. 8.3), порогов срабатывания сигнализации и времени установления показаний и срабатывания сигнализации. 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.

Стационарные 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 включение вентиляции, устранение источников возгорания и т. д.).

Для выполнения функции, указанной в перечислении 3), может понадобиться дополнительное оборудование.

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

В основном применяются четыре основных типа стационарного оборудования:

- газоанализаторы для измерений в одной точке;
- выносные датчики с централизованным блоком управления;
- системы пробоотбора с централизованным блоком датчиков;
- трассовые газоанализаторы.

Основные характеристики каждого типа газоанализаторов приведены в следующих разделах.

6.2.3.2 Газоанализаторы для измерений в одной точке

К такому типу оборудования относятся газоанализаторы с диффузионным и принудительным способом отбора пробы, которые сами и их блок обработки сигналов размещены в пределах взрывоопасной зоны. В данном случае датчик и блок управления могут поставляться как единая конструкция или как отдельные компоненты, соединенные коротким кабелем. Этот тип оборудования требует внешнего

устройства питания (например, от 12 до 28 В постоянного тока) и может быть оснащен стандартным выводом аналогового сигнала (например, от 4 до 20 мА) с двумя, тремя или четырьмя проводами в зависимости от требований по питанию. При наличии сигнализации она, как правило, состоит из «сухих» контактов реле, однако также могут присутствовать звуковые или световые выходные сигналы в соответствии со своими требованиями к взрывозащите.

Если источник питания и выходы газоанализаторов подключены к неизвестному оборудованию, размещенному во взрывобезопасной зоне, требуется принять во внимание методы и средства обеспечения взрывозащищенности (например наличие огнепреградителей, искробезопасных барьеров). Как правило, проектирование системы в части ее совместимости с подобного рода оборудованием находится в зоне ответственности разработчика системы или того, кто проводит монтаж оборудования.

Применение поверочных газовых смесей, регулировку нулевых показаний и чувствительности, а также проверку сигнализации необходимо проводить для всех газоанализаторов такого типа.

6.2.3.3 Выносные датчики с централизованным блоком управления

Выносные датчики обычно являются частью системы, состоящей из одного или нескольких отдельных датчиков, размещенных во взрывоопасной зоне отдельно от источника питания и управляющих устройств, которые, в свою очередь, размещены в безопасной зоне. Поскольку все оборудование представляет собой интегрированную систему, то контроль устройств осуществляется изготовителем на этапе проектирования. Такие функции системы как самодиагностика, централизованная сигнализация, предусмотренные средства взрывозащиты (например искробезопасные источники питания), которые представляют собой распространенные опции системы, упрощают процесс установки.

Несмотря на то что применение поверочных газов все еще осуществляется на каждом выносном датчике, некоторые настройки, в особенности настройки сигнализации и даже сигнала, можно проводить с помощью управляющих устройств.

Примечание — Это наиболее подходящий тип оборудования для большей части промышленных применений, особенно если требуется короткое время срабатывания, поскольку оборудование выполняет только одну задачу.

6.2.3.4 Системы пробоотбора с централизованным блоком датчиков

Данный тип оборудования, как правило, включает от одной до двадцати и даже более точек отбора пробы, размещенных во взрывоопасной зоне и связанных с блоком датчиков (оборудование с принудительным способом отбора пробы часто комплектуется не одним, а несколькими датчиками) с помощью линий принудительного пробоотбора, которые сделаны из материалов, совместимых с пробой (см. 8.5).

Линии пробоотбора обычно переключаются на блок датчика последовательно, время подключения выбирается таким, чтобы оно было достаточным для получения результатов измерений по каждому датчику и для срабатывания сигнализации (аварийной сигнализации, сигнализации отказа). Блоки датчиков с предварительно установленными в них сенсорами, побудителями расхода, системой переключения линий отбора пробы представляют собой стандартное, доступное оборудование.

Оценку времени запаздывания, обусловленного временем отбора пробы, необходимо проводить в расчете на самый неблагоприятный случай с учетом всего времени, необходимого для отбора пробы по всем линиям пробоотбора. Помимо времени установления показаний датчика, необходимо принимать во внимание время транспортирования пробы по линии пробоотбора. Обычно скорость движения пробы варьируется в диапазоне от 3 до 10 м/с, в зависимости от того, насколько критично был выбран внутренний диаметр трубок линии пробоотбора.

Для пробоотборных линий длиной несколько десятков метров может потребоваться более усовершенствованная система. В такой системе отбор пробы от последующей или двух последующих линий, предназначенных для подачи на датчик пробы по окончании анализа на текущей линии, осуществляется вторым побудителем расхода. Таким образом, после переключения канала отбора пробы газ может анализироваться в блоке датчиков сразу же, без ожидания времени транспортирования.

Этот метод проще с технической точки зрения и применим для работы на больших расстояниях, когда отбор проб с помощью мощного побудителя расхода происходит сразу по всем линиям, кроме той, которая непосредственно подключена к блоку датчика в настоящий момент времени. В этом случае, если нет ограничений на время запаздывания, то нет практических ограничений на длину линии пробоотбора, при условии что внутренний диаметр трубки соответствует характеристикам насоса.

Примечание 1 — Проектирование подобного рода систем — задача особой сложности. Существуют примеры многоточечных систем с линиями отбора пробы длиной 7 км и временем запаздывания приблизительно 95 мин, которые успешно применяются для анализа сред в угольных шахтах.

Такой тип системы может оказаться более подходящим, чем два предыдущих типа для контроля процессов со сравнительно стабильными параметрами среды или для контроля процессов, при которых в точке отбора пробы условия окружающей среды или условия доступа к оборудованию неблагоприятны для установки в них отдельных газоанализаторов. Примерами подобного рода ограничений могут служить большой диапазон температуры окружающей среды, большая вибрация, наличие в окружающем воздухе отравляющих веществ и т. д.

Блок датчиков может включать в себя датчики, предназначенные для контроля более чем одного типа газа или пара, работающие параллельно. Таким образом, помимо весьма редких поверок линий пробоотбора, в том числе и с использованием поверочных газовых смесей, все текущие проверки выполняются только для блока датчиков. Кроме того, в работу системы может быть включена функция автоматической градуировки.

В случае если блок датчиков предназначен для использования во невзрывоопасная среде, все электрические части такой системы могут быть размещены за пределами взрывоопасной зоны. В этом случае, за исключением использования огнепреградителей, размещенных в месте перехода линий пробоотбора из взрывоопасной зоны в невзрывоопасную зону, все оборудование может быть невзрывозащищенным. Это позволяет использовать методы обнаружения горючих газов, описанные в разделе 5, которые трудно выполнить во взрывозащищенном исполнении, а также использовать методы обнаружения источников внешних газов ПИД, АТП.

Система многоточечного отбора проб позволяет применять оборудование, обладающее высокой чувствительностью, которое само по себе является дорогим и затратным при эксплуатации его в качестве газоанализаторов, предназначенных для измерений в одной точке.

Огнепреградители должны быть изготовлены во взрывозащищенном исполнении. Огнепреградители могут состоять из спеченных (порошковых) металлов, капиллярных трубок или других тонкопористых материалов. Такие устройства могут увеличить время срабатывания газоаналитической системы, корродировать и засоряться в результате осаждения на них пыли или выпадения конденсата. Огнепреградители требуют проведения регулярных проверок и технического обслуживания, однако периодичность этих операций может быть увеличена при регулярном техническом обслуживание фильтров, расположенных в местах отбора, и самих линий отбора пробы (см. 8.5).

Если есть возможность использовать систему с централизованным блоком датчиков, она может оказаться менее дорогой и требующей меньших затрат при техническом обслуживании, чем две предыдущие системы, особенно если система состоит из большого количества точек отбора и требуется большое количество различных типов датчиков.

Примечание 2 — Описанные выше системы и оборудование следует отличать от оборудования и систем, предназначенных для управления технологическими процессами, на которые не распространяется действие данного стандарта.

6.2.3.5 Трассовые газоанализаторы

Трассовые газоанализаторы имеют прямолинейный оптический канал, длина которого может быть до 200 м. В конечных точках оптического канала располагаются излучатель и приемник оптического излучения. Наиболее распространенным типом подобного рода газоанализаторов являются спектрофотометрические трассовые газоанализаторы, принцип действия которых основан на поглощении энергии электромагнитного излучения в ультрафиолетовой, видимой или инфракрасной областях спектра. Наибольшее распространение получили газоанализаторы, работающие в инфракрасной области спектра (см. 5.4 и А.4 (приложение А)).

Источник излучения и приемник излучения могут быть конструктивно объединены в одном блоке, называемом трансивером. Трассовые газоанализаторы такой конструкции используют отражатель, обычно выполненный в виде световозвращателя, отражающего луч в направлении, параллельном падающему лучу. При небольших длинах оптического канала луч может отражаться, проходя через оптический канал несколько раз.

Трассовые газоанализаторы применяются для контроля взрывоопасной среды по периметру нефтяных платформ и других установок, в производственных зонах, в местах технического обслуживания воздушных судов, вблизи выхлопных труб, вентиляционных каналов и в подпотолочных пространствах.

Принцип формирования выходного сигнала трассовых газоанализаторов отличается от рассмотренных трех предыдущих типов газоанализаторов и газоаналитических систем, поскольку вместо измерения содержания газа или пара трассовые газоанализаторы измеряют интегральное содержание газа или пара вдоль оптического пути между излучателем и приемником излучения (см. 5.4).

По сравнению с другими трассовые газоанализаторы имеют три преимущества:

- расширенная область контроля газа, причем точность результатов практически не зависит от направления ветра и, следовательно, газоанализаторы дают более достоверную картину величины выброса вне зависимости от его интенсивности;

- из-за большой протяженности оптического пути газоанализаторы обладают высокой чувствительностью;

- трассовые газоанализаторы позволяют устанавливать значительно более низкие значения порогов срабатывания сигнализации, чем газоанализаторы для измерения в одной точке.

Помимо регулировки сигнала, для трассовых газоанализаторов требуется проведение точной установки взаимного расположения оптических блоков. Для этого в комплект поставки входит специальная монтажная арматура, а также в большинстве случаев может понадобиться дополнительное оборудование (например телескопы) для достижения точного совмещения визирной линии оптической оси. Кроме того, для устранения воздействия вибрации, которая может стать причиной смещения от заданного положения, особенно при протяженной оптической оси, необходимо использовать специальные опоры и установочные устройства. Для функционирования газоанализаторов необходимо, чтобы на оптическом пути отсутствовали движущиеся объекты и какая-либо человеческая деятельность. Для трассовых газоанализаторов используются специальные средства градуировки (см. 8.11.1, 8.11.2).

Трассовые газоанализаторы устойчивы к воздействию естественного и искусственного освещения, пыли, тумана, дождя и снега (см. приложение А), однако при сильных тумане и осадках все же могут наблюдаться сбои в работе оборудования. Газоанализаторы, соответствующие требованиям IEC 60079-29-4, в подобных случаях выдают сигнал о блокировке луча. В приложении Е приведена информация о возможном воздействии атмосферных явлений на показания трассовых газоанализаторов.

6.2.4 Передвижные и переносные газоанализаторы

6.2.4.1 Общие положения

Важными факторами, которыми следует руководствоваться при выборе передвижных и переносных газоанализаторов, являются: габаритные размеры, масса, прочность конструкции, потребляемая мощность, тип показывающего устройства, наличие световой и звуковой сигнализации.

6.2.4.2 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. Обычно передвижные газоанализаторы не используют систему отбора пробы либо применяют пробоотборную систему упрощенной конструкции.

К передвижному оборудованию могут относиться и трассовые газоанализаторы, однако чаще всего трассовые газоанализаторы представляют собой стационарные приборы.

6.2.4.3 Переносные (портативные) газоанализаторы

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

Во многих случаях небольшие переносные газоанализаторы, прикрепляемые к одежде или оборудованию, выполняют функцию персональных средств оповещения при срабатывании сигнализации.

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, ручное или механическое устройство подачи пробы.

В состав других видов переносных газоанализаторов может входить электрический миниатюрный насос непрерывного действия, отбирающий пробу в непосредственной близости от самого газоанализатора, 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 с помощью гибкой трубки, но могут быть раздвижными (телескопическими).

С особой тщательностью следует выбирать газоанализатор, если предполагается наличие в анализируемой среде содержания горючих газов и паров больше 100 % 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.

Когда газоанализаторы переносятся из одной контролируемой зоны в другую, они могут подвергаться внезапным изменениям температуры и давления. Это может приводить к временному появлению ошибочных показаний (например у электрохимических датчиков кислорода). Изготовители дают свои рекомендации по значению таких временных ошибочных показаний и по тому, как эти показания могут быть учтены при использовании газоанализаторов в режиме «считал показания и беги» (см. 9.3.9).

При работе с портативным газоанализатором необходимо следить за тем, чтобы линия отбора проб была правильно подсоединена. Необходимо убедиться, что линия отбора проб подсоединена ко входу насоса, а не к выходу.

Существуют также переносные трассовые газоанализаторы, состоящие только из трансивера. В этом случае газоанализаторы используют отражающие свойства поверхностей в инфракрасном диапазоне. Длина оптического пути для таких газоанализаторов ограничена несколькими метрами.

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 (см., например, EN 61326-1).

6.3.2 Использование газоанализаторов во взрывоопасных зонах

После завершения классификации зон в соответствии с IEC 60079-10-1 и IEC 60079-10-2 газоанализаторы должны быть правильно выбраны с учетом конкретной классификации зон.

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, одни из которых 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) геометрия источника утечки

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

b) скорость 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 находящейся 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) содержание горючего вещества

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

d) испаряемость 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 НКПР, с максимальной температурой жидкости.

Жидкости следует принимать в расчет, когда их температура выше ($TF - x$), К, где TF — температура вспышки, а x — запас безопасности. Этот запас безопасности примерно равен 5 К* для чистых химических веществ, но 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;

е) температура 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. Дополнительная информация приведена в IEC 60079-20-1.

Примечание — Поскольку это экспериментальный метод, разные страны устанавливают разные значения для значений НКПР и ВКПР, которые имеют юридическую силу. В качестве двух примеров:

- NFPA 30 — публикация, используемая в США;
- GESTIS — общедоступная база данных, используемая в Германии.

7.1.4 Вентиляция

При повышении эффективности 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.

Примечание 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 считается, что они тяжелее воздуха.

Примечание 2 — Плотность смеси тяжелых и легких газов имеет среднее значение и, однажды смешавшись, они более не будут разделяться, а смогут только разбавляться воздухом.

* При необходимости использовать пересчитанные значения единиц величин.

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.

При значительных движениях наружного воздуха или утечке внутри помещений или сооружений распространение газа будет отличаться от того, как указано выше (см. 7.2 и 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 моделей сооружений 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 сооружения

7.2.1 Общие положения

Внутри зданий и сооружений вероятность скопления взрывоопасной смеси 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, эффективности вентиляции и имеющихся тепловых потоков. При определении оптимального места расположения датчиков следует учитывать эти факторы.

7.2.2 Невентилируемые здания и сооружения

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. Если газ тяжелее воздуха, то, вытекая из места утечки, он образует слой газовоздушной смеси, распространяющейся от уровня, на котором располагается место утечки, вниз 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.

Если в зданиях или сооружениях присутствует потенциальный источник утечки газа, вентиляция должна обеспечивать проветриваемость зон распространения газовоздушных смесей.

7.2.3 Вентилируемые здания и сооружения

7.2.3.1 Общие положения

Вентилирование зданий и сооружений осуществляется путем либо «естественной» вентиляции, либо «искусственной» вентиляции (принудительно), либо при помощи их комбинации.

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

7.2.3.2 Естественная вентиляция

Естественная вентиляция — это поток воздуха внутрь или изнутри здания или сооружений, циркулирующий через специально предназначенные для этого отверстия или любые другие имеющиеся в здании или сооружении проемы. Естественные 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 из-за разницы температур (и, следовательно, плотности) воздуха внутри помещения и наружного воздуха. Когда температура внутри здания или сооружения 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 сооружении с естественной вентиляцией приведет к образованию смеси газа с воздухом, так же как это было описано в 7.2, 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 IEC 60079-10-1.

7.2.3.3 Искусственная вентиляция

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

Примечание 1 — Механическая вентиляция — это метод, используемый для контроля уровня метана и обеспечения чистого воздуха в угольных шахтах.

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 2 — 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 3 — 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 аварийная сигнализация 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 (например ветрозащитный кожух).

7.3 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

8.1 Общие положения

Стационарная газоаналитическая система должна выдавать раннее предупреждение как о присутствии, так и о характерных местах скопления горючего газа, для того чтобы инициировать автоматически или в ручном режиме выполнение одного или нескольких 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 эффективности 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, вопросам резервирования, устойчивости системы электропитания, надежной работе 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 или трассового оборудования. 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.

8.2 Основные рекомендации по установке стационарных систем

8.2.1 Общие положения

Если газоанализаторы и вспомогательное оборудование устанавливают во взрывоопасной зоне (т. е. в зоне, которой присвоена соответствующая категория согласно установленной классификации), то их уровень и вид взрывозащиты должны соответствовать категории зоны и они должны быть промаркированы соответствующим образом.

Обычно применяется четыре основных типа стационарных систем:

a) системы, состоящие из газоанализаторов для измерений в одной точке. Такие газоанализаторы являются автономным оборудованием, требуют только подвода электропитания от внешнего источника и снабжены аналоговыми выходными сигналами и (или) «сухими» контактами реле для подсоединения к сигнализации и блоку управления с помощью электрического кабеля;

b) системы, состоящие из выносных датчиков с централизованным блоком управления и сигнализации;

c) системы пробоотбора с централизованным блоком датчиков, в которых газовая проба по линиям пробоотбора поступает в централизованный блок датчиков, связанный с блоком сигнализации и управления;

d) системы, использующие трассовые газоанализаторы.

Стационарные системы должны, как правило, устанавливаться так, чтобы осуществлять непрерывный мониторинг каждой части предприятия или других помещений, где могут случайно скопиться горючие газы. Они должны выдавать раннее предупреждение об утечке или скоплении газа в пределах

своей зоны контроля, которая на практике ограничивается количеством и расположением датчиков или траекторией оптического пути трассовых газоанализаторов.

8.2.2 Газоанализаторы для измерений в одной точке и выносные датчики

Газоанализаторы для измерений в одной точке и выносные датчики должны быть подключены к своим блокам управления и сигнализации в соответствии с национальными требованиями к установке электрооборудования. Датчики и любые другие части системы, которые размещены в опасной зоне, должны быть взрывозащищенными. Вид и уровень взрывозащиты этого оборудования (в соответствии с серией стандартов IEC 60097) должны соответствовать категории зоны, в которой предполагается размещать оборудование. Здесь следует отметить, что это проще выполнить для выносных датчиков. В этом случае блоки управления, расположенные в безопасной зоне, должны соответствовать требованиям серии стандартов IEC 60079 для обеспечения совместимости с выносными датчиками в отношении электрического питания и выходов.

Примечание — При очень высоких или очень низких температурах окружающей среды возможна ситуация, когда датчик может подвергнуться воздействию температуры, выходящей за диапазон его условий эксплуатации, установленный изготовителем оборудования. В этих обстоятельствах оборудование не считается соответствующим своему виду и (или) уровню взрывозащиты, подтвержденному сертификатом о взрывозащищенности (серия стандартов IEC 60079).

8.2.3 Системы пробоотбора с централизованным блоком датчиков

Такие системы используют, когда параметры технологического процесса изменяются сравнительно медленно и можно допустить большее время срабатывания системы, например мониторинг начала процесса утечки.

Основные преимущества таких систем:

- они позволяют разместить все электрические части оборудования вне взрывоопасной зоны, размещая внутри зоны только линии доставки пробы, фильтры и т. п., и требуют только применения огнепреградителя при выходе во взрывобезопасную зону;
- они могут применяться в случае, когда точки, в которых необходимо произвести замер, относительно недоступны или находятся под влиянием экстремальных условий окружающей среды;
- при функционировании центрального блока датчиков могут использоваться крайне чувствительные или сложные методы обнаружения, в том числе требующие применения внешних газов (ПИД), АТП (см. 5.7 и 5.8);
- при эксплуатации центрального блока датчиков можно применять функцию автоматической градуировки, а также автоматизированное техническое обслуживание;
- один блок датчиков может использоваться для последовательного отбора проб от большого количества точек измерений и состоять из датчиков, обладающих чувствительностью к различным газам.

В последнем случае 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.

Для пробоотборных линий длиной несколько десятков метров может потребоваться более усовершенствованная система. В такой системе отбор пробы от последующей или двух последующих линий, предназначенных для подачи на датчик пробы по окончании анализа на текущей линии, осуществляется вторым побудителем расхода, обычно обеспечивающим большую производительность. Для первого требуется более простое оборудование, но насос большего размера.

8.2.4 Системы, использующие трассовые газоанализаторы

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 световозвращатель, при этом излучатель и приемник будут расположены рядом друг с другом на другом конце зоны, возможны и другие конфигурации.

При установке необходимо, чтобы никакие препятствия не пересекали оптический путь газоанализаторов. Необходимым условием также является отсутствие вибрации в точках размещения блоков трассовых газоанализаторов. Для этого применяются устойчивые платформы и монтажная арматура. Время срабатывания трассовых газоанализаторов невелико и в определенной степени не зависит от

направления воздушных потоков. Таким образом, три или более таких газоанализатора, расположенные по периметру контролируемой зоны, должны регистрировать утечку в любой точке внутри периметра, если происходит некоторое движение воздуха. Блоки газоанализаторов должны располагаться таким образом, чтобы не создавать помехи друг другу, особенно при работе в условиях тумана или дождя.

8.3 Расположение точек контроля

8.3.1 Общие положения

Принципиальным техническим требованием является условие, чтобы датчики, трассовые газоанализаторы и точки отбора пробы размещались таким образом, чтобы скопление газа обнаруживалось до того момента, когда это скопление будет представлять опасность. Неправильная установка газоанализаторов и точек отбора пробы может полностью обесценить эффективность и целостность системы контроля.

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 следующее:

a) места 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 прохода, как двери, окна, 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. 8.12).

Примечание — Для определения мест размещения и количества датчиков может потребоваться анализ распространения газа.

8.3.2 Общие рекомендации по выбору мест расположения точек контроля

Если необходимо обнаружить утечку газа только на конкретном участке, то датчики или точки отбора пробы можно размещать по периметру этого участка. В этом же случае возможно использование трассовых газоанализаторов. Однако такое размещение точек контроля 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 или точки отбора пробы 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 на открытом воздухе при воздействии ветра или в закрытом помещении, ведет себя по-разному. 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) численное моделирование 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 от внешнего по отношению к ним 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 оборудованием или иными заграждениями на отсеки, следует установить датчики в каждом таком отсеке.

8.3.3 Условия окружающей среды

8.3.3.1 Общие положения

Стационарные газоанализаторы, 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.

8.3.3.2 Неблагоприятные погодные условия

Датчики и трассовые газоанализаторы, размещенные на открытых площадках и на открытых сооружениях, могут подвергаться суровым 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 поверочной газовой смеси, 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 и трассовых газоанализаторов в местах, подвергающихся воздействию окружающей среды, чтобы обеспечить их защиту от этих воздействий. Водяной пар, проливной дождь, снег, лед, пыль и т. д. также могут неблагоприятно влиять на работу датчиков. Некоторые материалы, во всем остальном пригодные для линий отбора пробы или в качестве защиты от метеорологических воздействий, могут оказаться нестойкими к солнечному свету или другим параметрам окружающей среды.

Трассовые газоанализаторы также могут подвергаться вышеперечисленным факторам, из-за чего возникает вероятность расфокусировки вследствие скоплений капель воды на оптических окнах газоанализатора. Однако присутствие в воздухе пыли, тумана, слабого дождя оказывает минимальное влияние на открытый оптический канал газоанализаторов, соответствующих требованиям IEC 60079-29-4.

Газоанализаторы, размещенные в зданиях или сооружениях, как правило, не подвержены воздействию неблагоприятных погодных условий.

При работе в шахте следует принимать во внимание влияние изменений атмосферного давления на выбросы газа.

8.3.3.3 Предельные значения температуры 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, при таких условиях также может снижаться его срок службы. К тому же как при предельно высоких, так и при 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 ниже –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, эксплуатируемые в тропических и субтропических условиях и предназначенные для наружной установки, должны быть защищены от прямых солнечных лучей, воздействие которых может 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 IEC 60079-29-1 или IEC 60079-29-4 составляет 55 °С, если иное не указано в сертификате о взрывозащищенности оборудования.

Если в точках контроля температура превышает значения, указанные в документации на газоанализаторы, рекомендуется использовать системы с принудительным способом отбора пробы.

8.3.3.4 Вибрация

Если предполагается воздействие на газоанализаторы вибрации (особенно на газоанализаторы, установленные на механизмах), следует убедиться, что газоанализатор способен выдерживать вибрацию или имеется надлежащая виброизоляция. Трассовые газоанализаторы в подобных случаях должны иметь виброустойчивую установку.

В точках контроля, где возможно возникновение особенно сильной вибрации или тряски, рекомендуется использовать системы с принудительным способом отбора пробы.

8.3.3.5 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.

Также возможно применение систем с принудительным способом отбора пробы с фильтрацией коррозионно-активных компонентов в точках контроля.

8.3.3.6 Электрохимическая коррозия

Необходимо предпринять меры для защиты датчиков от электрохимической коррозии, вызванной контактом корпуса датчика с другими материалами.

8.3.3.7 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.

8.3.3.8 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.

8.3.3.9 Поливка из шланга

Практика «поливки из шланга» (использование шланга под напором высокого давления) на предприятии может привести к значительным повреждениям выносных датчиков и загрязнению пробоотборных линий. Следовательно, применение 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.

8.3.3.10 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 аэрозоли, туман 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 кашицеподобную грязевую смесь. 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 фильтров поглотителей или коалесцентных фильтров-влагоотделителей и т. д.

Особую проблему представляет случай, когда определяемый компонент может конденсироваться (или попадать иным способом) на поверхности газопроницаемой мембраны датчиков, в пробоотборную линию, на фильтрах или оптических окнах приемопередатчиков и приемников трассовых газоанализаторов. Этот вид загрязнения будет 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.

8.4 Доступ для градуировки и технического обслуживания

Измерительное оборудование должно быть легкодоступным 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 расположен 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 какиелибо приспособления для его дистанционной градуировки.

8.5 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 соединений 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. Это особенно актуально, когда линия проходит через участки более холодные, чем возле точки отбора пробы (например участки с кондиционированным воздухом в жарком влажном климате). Требуется особая осторожность при работе с протяженными линиями отбора пробы и с линиями отбора с высокой скоростью потока

пробы, так они могут работать под значительным относительным разряжением. В подобного рода оборудовании могут быть также использованы системы обратной продувки с обратными клапанами. 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 линии должно отвечать требованиям соответствующих норм и стандартов. Альтернативой может служить обогрев пробоотборной линии паром или горячей водой.

8.6 Дополнительные рекомендации при эксплуатации трассовых газоанализаторов

Трассовые газоанализаторы имеют оптические окна и отражатели, контактирующие с окружающей средой. Частичная защита обеспечивается встроенными короткими трубками или защитными покрытиями.

Конденсаты тумана и росы могут представлять собой проблему, в случае если оптические части не оснащены нагревателем, не позволяющим температуре оптических частей газоанализатора опуститься ниже температуры точки росы.

Трассовые газоанализаторы не защищены от прямого солнечного света, отраженного света солнца (в особенности от водной поверхности) и от естественного светового излучения высокой интенсивности, попадающего на ресиверы под малым углом к оптической оси. При установке таких газоанализаторов необходимо принимать во внимание направление солнечных лучей на рассвете и на закате в разное время года, траекторию движения транспорта в ночное время и вероятность присутствия рекламной или какой-либо другой подсветки на близлежащих зданиях.

Поскольку обнаружение газов с помощью трассовых газоанализаторов может оказаться невозможным при очень сильном тумане, обильных осадках или в случае, когда периметр окружен неподвижным воздухом, рекомендуется сочетать трассовые газоанализаторы с газоанализаторами других типов, например с диффузионным или принудительным способом отбора пробы.

8.7 Обобщение рекомендаций для выбора мест установки точек отбора или трассовых газоанализаторов

Обоснование выбора мест установки точек отбора или трассовых газоанализаторов должно быть отражено в технической документации (см. 8.2, 8.12).

Примечание — Подробнее о классификации взрывоопасных зон и разбавлении газа см. в IEC 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.

8.8 Монтаж точек отбора и трассовых газоанализаторов

Для обеспечения надежной работы стационарной газоаналитической системы место установки каждого датчика, точки пробоотбора или блоков трассовых газоанализаторов должно соответствовать особенностям его применения, изложенным выше.

Периодически необходимо проводить с помощью квалифицированного персонала осмотр и техническое обслуживание, включая градуировку по поверочным газовым смесям. 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 большинстве 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, местах сращивания кабелей или в 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 силиконов).

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.

8.9 Поддержание достигнутого уровня безопасности

8.9.1 Общие положения

Когда газоаналитическая система или ее часть неисправна или находится в ремонте, в результате чего производственные участки предприятия не контролируются 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) увеличение эффективности вентиляции;

d) устранение источников воспламенения;

e) прерывание подачи горючих газов или жидкостей;

f) остановку работы предприятия или его цехов;

g) дублирование наиболее важных датчиков.

8.9.2 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. Для повышения максимального уровня безопасности требуется применение в системе газоанализаторов различных производителей и датчиков, использующих различные принципы измерений. Тем самым достигается устойчивость системы к воздействию общих причин отказа. Использование трассовых газоанализаторов совместно с газоанализаторами для контроля в одной точке может служить примером такой системы. Максимально следует использовать так называемое отказоустойчивое оборудование.

8.9.3 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 не 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 в части 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 нормально замкнутые контакты (механического или электронного реле), размыкающиеся при возникновении неисправности.

8.10 Выбор времени для монтажа датчиков во время производства строительных работ

Монтаж газоанализаторов 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, 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.

8.11 Ввод в эксплуатацию

8.11.1 Первичный инспекционный контроль смонтированного оборудования

Законченную газоаналитическую систему, включая все вспомогательное оборудование, необходимо подвергнуть первичному инспекционному контролю до начала использования, чтобы удостовериться, что проектное решение и монтаж выполнены должным образом и что используемые методы, материалы и компоненты соответствуют требованиям IEC 60079-0.

Примечание — Правила монтажа оборудования во взрывоопасных зонах приведены в IEC 60079-14.

При первичном инспекционном контроле необходимо проверить следующее:

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

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

c) не закупорены или не загрязнились ли огнепреградители;

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

e) 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 и трассовых газоанализаторов (см. 8.3). 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. 8.12).

8.11.2 Первоначальная градуировка

После монтажа каждый датчик на месте эксплуатации необходимо подвергнуть градуировке по поверочной газовой смеси 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.

Градуировка газоанализаторов для измерения в одной точке обычно заключается в установке нулевых показаний при подаче нулевого газа (или без подачи, если установлено, что окружающий воздух не содержит определяемых и других мешающих компонентов). После корректировки нулевых показаний корректируется чувствительность газоанализаторов при подаче газовой смеси, содержащей поверочный компонент (см. 11.8.1, 11.8.2.4 и 11.8.2.5).

Градуировка трассовых газоанализаторов существенно отличается от методики, приведенной выше. Для градуировки нулевым газом необходимо удостовериться в отсутствии горючего газа в среде на протяжении всего оптического пути. Для этого, как правило, используются переносные газовые датчики, например ФИД, которые обладают высокой чувствительностью (см. 5.9). Для контроля и регулировки чувствительности проба поверочного газа в герметичной ячейке с прозрачными окнами помещается на линию оптического пути газоанализатора.

Примечание — Предварительно откалиброванный оптический фильтр пригоден для проверки работоспособности газоанализатора, но его использование не рекомендуется для проведения градуировки газоанализатора.

После проведения первоначальной градуировки стационарные системы должны автоматически вернуться в режим измерений после заранее установленного интервала без 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 измерений.

Когда предполагается присутствие нескольких газов, следует принять дополнительные меры предосторожности, описанные в 4.3.2.2 и 6.2.2.

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

8.11.3 Настройка уставок срабатывания аварийной сигнализации

Если газоанализаторы горючих газов не оснащены отсчетным устройством, значение уставки аварийной сигнализации (или наименьшей уставки, если имеются две или более) необходимо задать насколько возможно малым, но так, чтобы отсутствовали ложные срабатывания сигнализации. Значение уставки аварийной сигнализации должно быть обязательно отражено в документации на систему (см. 8.12).

Настройку уставок и контроль срабатывания аварийной сигнализации требуется проводить чаще на начальных этапах работы нового производства или новой газоаналитической системы.

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

8.12 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 системы (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 поверочным газовым смесям. 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 работоспособности. Периодичность проведения градуировки может быть установлена нормативными документами надзорных органов. В большинстве случаев рекомендации можно получить у изготовителя оборудования. 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 внешний 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 поверочную газовую смесь 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 регистрировать в эксплуатационной документации на систему (например в формуляре).

9 Использование переносных и передвижных газоанализаторов

9.1 Общие положения

Каждый раз, когда используются переносные или передвижные газоанализаторы, они выполняют те же функции по обеспечению безопасности, что и стационарные системы (см. раздел 8). Однако пользователь переносного или передвижного оборудования не всегда 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, 5, 9 и 10, 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 «Считал показания и беги», указанный в перечислении b). 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 в процессе эксплуатации, с целью дальнейшей оценки оказываемого или не оказываемого на них негативного воздействия. Это относится не только к работе с газоанализаторами, но и к перерывам в работе с ними, например при механических ударах и тряске, которым подвергаются газоанализаторы при перевозке, или при сильном нагреве 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 проверок переносных и передвижных газоанализаторов

9.2.1 Общие положения

Поскольку переносные и передвижные газоанализаторы обычно используют время от времени, 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.

9.2.2 Осмотр и проверка работоспособности

Осмотр газоанализатора и функциональная проверка предназначены для подтверждения его работоспособности. 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.

Примечание 1 — Руководство по эксплуатации переносных газоанализаторов, соответствующих требованиям IEC 60079-29-1:2007, должно содержать методику ежедневной проверки работоспособности оборудования по газовым смесям перед использованием, что оговорено в 4.4.

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 эксплуатационную документацию (формуляр).

В простейшем случае проверка может быть проведена в такой последовательности:

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

2) проверка времени прогрева;

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

4) проверка нулевых показаний в 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. 9.2.3). В некоторых газоанализаторах имеется режим автоматической проверки нулевых показаний, в котором автоматически происходит настройка нуля.

Примечание 2 — 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 датчика кислорода в чистом воздухе будут равны 20,8 % объемной доли или 20,9 % объемной доли. В атмосферном воздухе содержание диоксида углерода CO_2 приблизительно равно 380 млн$^{-1}$ (больше на плотно застроенных территориях), поэтому показания газоанализатора CO_2 на атмосферном воздухе будут 0,03 % объемной доли или 0,04 % объемной доли. 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.

Для газоанализаторов с термокаталитическими датчиками объемная доля кислорода в газовой смеси должна быть не менее 10 %.

Примечание 3 — Такие химически активные газы, как фтор, хлористый водород или озон, не могут быть приготовлены в баллонах под давлением. В этом случае необходимо получить рекомендации изготовителя о возможности использования для проверки работоспособности газа-эквивалента.

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. 9.2.3).

9.2.3 Плановые проверки и градуировки

Необходимо регулярно проводить градуировку переносных и передвижных газоанализаторов, для чего необходимы специальный цех (лаборатория) и квалифицированный персонал. Используемые редко газоанализаторы также необходимо подвергать регулярному осмотру и градуировке, чтобы в случае необходимости ими можно было немедленно воспользоваться. Эти работы проводятся в соответствии с инструкциями изготовителя и, как правило, включают в себя следующие этапы:

a) установку механического нуля аналоговых измерительных приборов;

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

c) проверку времени прогрева;

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

e) проверку загрязненности и отсутствия закупорки огнепреградителей (см. 11.4.2) или дыхательного устройства;

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

g) выполнение встроенных тестов исправности оборудования;

h) проверку цепей аварийной сигнализации;

i) градуировку, состоящую из корректировки нулевых показаний при подаче чистого воздуха и корректировки чувствительности при подаче поверочной газовой смеси, 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, то эти показания должны быть зарегистрированы, 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 поверочной газовой смесью, к компонентам которой чувствительны все датчики, входящие в прибор. Концентрацию горючего газа в поверочной газовой смеси следует выбирать такой, чтобы показания газоанализатора составляли от 25 % до 75 % от верхней границы диапазона измерений. Если показания газоанализатора отличаются от действительного значения концентрации определяемого компонента (указана в паспорте на поверочную газовую смесь), 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.

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

Примечание — Такие химически активные газы, как фтор, хлористый водород или озон, не могут быть приготовлены в баллонах под давлением. В этом случае необходимо получить рекомендации изготовителя о возможности использования для проверки работоспособности газа-эквивалента.

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.

9.2.4 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 Руководство по применению переносных и передвижных газоанализаторов

9.3.1 Электрическая безопасность во взрывоопасных средах

Переносные и передвижные газоанализаторы должны иметь уровень и вид взрывозащиты, соответствующие 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, для контроля которых его можно применять (см. IEC 60079-20-1).

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. 9.2.2) в безопасной зоне, но по 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 используется линия отбора пробы. 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.

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 часто регистрировать показания газоанализатора, особенно если могут присутствовать жидкости и отмечается повышение температуры.

Пробоотборный зонд должен быть изготовлен из электроизоляционного 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 или привести 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 холодной в теплую среду необходимо выждать 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 измерениях.

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 поверочные газовые смеси и методику градуировки, предписанные изготовителем. Если при контроле воздуха рабочей зоны многокомпонентным газоанализатором срабатывала аварийная сигнализация по какомулибо 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. 9.2.2).

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, 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 значениях показаний выше нуля.

Без всесторонней подготовки пользователь не должен проводить измерения в среде, где фактически присутствует или ожидается присутствие высокого содержания горючих газов или паров.

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, максимально 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 то, что называется принципом «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.

Примечание — Некоторые национальные нормы требуют, чтобы обучение проводилось компетентными лицами в соответствии с определением понятия «компетентность», зафиксированным в нормативных документах системы образования на национальном уровне или в государственных стандартах. Обучение, основанное на компетентности данного типа, помимо инструктирования и практического опыта, требует официальной оценки каждого обучающегося, которая выставляется квалифицированным экспертом, одновременно выступающим в качестве компетентного инструктора.

10.2 Общая подготовка. Основные ограничения и безопасность

Для проведения общей подготовки можно воспользоваться в качестве базы некоторыми частями раздела 4, 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 нескольких процентов НКПР;

d) газоанализаторы горючих газов не могут обнаружить 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 поверочной газовой смеси 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 оборудования, и сообщить ему, к кому необходимо обращаться при возникновении подозрений в его неисправности.

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 градуировку, 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 отклонения показаний при проверках в процессе эксплуатации, выше которого проведение градуировки обязательно, определение периодов градуировок и технического обслуживания и т. д.).

Необходимо вести учет результатов 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 переносные и передвижные газоанализаторы 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 поверочной газовой смеси. Все типы газоанализаторов — переносные, передвижные или стационарные (включая как газоанализаторы с выносными датчиками, так и трассовые газоанализаторы) — следует периодически градуировать с использованием поверочной газовой смеси, рекомендованной изготовителем.

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

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 действительных 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. 9.2.2) или градуировку (см. 9.2.3). В тяжелых условиях эксплуатации или в ситуации, когда неизвестен возможный состав анализируемой среды, а также в том случае, когда газоанализаторы используются редко, проверку чувствительности и 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 перечислении 3) рекомендации для стационарных газоанализаторов.

Примечание 1 — Руководство по эксплуатации переносных газоанализаторов, соответствующих требованиям IEC 60079-29-1, должно содержать методику проверки работоспособности оборудования по газовым смесям ежедневно, перед каждым днем применения оборудования, как описано в 4.4;

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

Допускается использовать для градуировки поверочную газовую смесь, 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 поверочную газовую смесь 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. Необходимо следовать требованиям, включенным в IEC 60079-17 и в IEC 60079-19.

Примечание 2 — Во многих странах юридическая ответственность за соответствие отремонтированного оборудования требованиям сертификата лежит на владельце (пользователе) этого оборудования.

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 или истечения срока хранения и их всегда следует проверять перед использованием, в частности, необходимо с особой осторожностью обращаться с поверхностями оптических деталей.

Изменения в технологических процессах, при которых происходят колебания концентрации горючих веществ и (или) в процессе появляются различные горючие вещества, могут стать причиной возникновения опасных ситуаций. До появления таких изменений необходимо провести проверку допустимости использования газоанализаторов и их градуировку при необходимости.

11.2 Регламентные проверки

11.2.1 Общие положения

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

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

11.2.2 Стационарные системы

a) регулярный внешний осмотр

Необходимо проводить регулярный осмотр панели управления. Отчеты, составленные при каждой проверке, включая все обнаруженные проблемы, должны быть подписаны, датированы и подшиты. Обнаруженные неисправности следует немедленно устранить;

b) регулярная проверка работоспособности

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) периодический повтор градуировки 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.

Для точной проверки нуля трассовых газоанализаторов необходимо удостовериться в отсутствии горючего газа в среде на протяжении всего оптического пути. Для этого, как правило, используются переносные газоанализаторы с высокой чувствительностью. Для контроля и регулировки чувствительности проба поверочного газа в герметичной ячейке с прозрачными окнами помещается на линию оптического пути газоанализатора. Для проверки работоспособности газоанализатора возможно применение предварительно откалиброванного оптического фильтра;

d) контроль работоспособности системы

При проверке работоспособности системы должно быть проверено выполнение всех функций системы, начиная от проверки отдельных газоанализаторов и точек отбора пробы и заканчивая проверкой включения устройств, обеспечивающих безопасность. В ходе этих проверок должно быть проверено время установления показаний и время срабатывания сигнализации для каждого газоанализатора. Аналогичные проверки должны быть проведены для каждой точки отбора пробы, включая проверку времени транспортирования пробы. Полученные результаты должны сопоставляться с требованиями, указанными в технической документации.

В системах с многоточечным пробоотбором и централизованным блоком датчиков 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 поверочной газовой смеси (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 1 — Это наиболее важная проверка системы, которая должна быть проведена перед вводом в эксплуатацию и систематически повторяться. Методику проверки можно получить у изготовителя.

Примечание 2 — Контроль работоспособности системы с проверкой всех функций системы, обеспечивающих безопасность, соответствует контрольной проверке, обязательной для систем функциональной безопасности в соответствии с IEC 61508;

e) составление отчета о техническом обслуживании

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

11.2.3 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 какихлибо 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

Проверку чувствительности проводят как минимум при проверке работоспособности или при градуировке. 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 поверочную газовую смесь на газоанализатор, следуя инструкциям, приведенным в руководстве по эксплуатации.

Проверка работоспособности отличается от градуировки тем, что в первом случае допустимое отклонение показаний при подаче поверочной газовой смеси 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 работоспособности 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 приводится 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 поверочным газовым смесям, как описано в 11.8.

11.3.2 Стационарное оборудование

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

11.3.3 Переносные и передвижные газоанализаторы

Для переносных и передвижных газоанализаторов необходимо помнить, что для ремонта и проверки исправности газоанализаторы должны быть доставлены во взрывобезопасную зону комплектно, без разборки на составные части.

11.3.4 Ремонт газоанализаторов. Общие положения

Неисправные газоанализаторы следует:

a) возвращать изготовителю;

b) возвращать в авторизованный сервисный центр изготовителя;

c) ремонтировать в специализированном цехе, оборудованном пользователем для технического обслуживания газоаналитического оборудования;

d) 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 зарегистрировать описание неисправности и провести только те операции технического обслуживания, которые относятся к этой неисправности. Но все газоанализаторы после ремонта должны быть отградуированы по поверочным газовым смесям 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 поверочной газовой смеси. Также желательно, чтобы работоспособность датчиков проверяли после воздействия горючих газов с высокими концентрациями, сильных ударов или механической вибрации.

11.4.2 Огнепреградители

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

11.5.1 Общие положения

Этот пункт применим только к газоанализаторам с принудительным отбором пробы.

11.5.2 Проверка

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.

11.5.3 Фильтры, ловушки для воды и огнепреградители

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

11.5.4 Пробоотборный зонд

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

11.5.5 Соединения трубопроводов

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

11.5.6 Движущиеся детали

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

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

11.5.7 Автоматические системы отбора пробы

Необходимо установить заданное значение расхода в автоматических системах с использованием рекомендованного контрольно-измерительного оборудования.

11.5.8 Сигналы о снижении расхода

Необходимо проверить работу устройств, 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

11.8.1 Оборудование и приспособления для градуировки

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

a) поверочная газовая смесь в баллоне под давлением. Как правило, содержание поверочного компонента в газовой смеси находится в диапазоне от 25 % до 90 % от верхней границы диапазона измерений газоанализатора. Относительная погрешность аттестации содержания поверочного компонента в газовой смеси не должна быть более 5 %. Баллон может иметь специальную обработку внутренней поверхности, если поверочная газовая смесь 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 поверочных смесей 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 поверочной газовой смесью необходимо устанавливать редуктор, который может быть как с фиксированным, так и с регулируемым давлением на выходе. Во многих случаях поверочную газовую смесь 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 поверочной газовой смесью. В качестве альтернативы можно установить на выходе регулятора расход больший, чем отбирает устройство отбора пробы, а излишек поверочной смеси сбрасывать в атмосферу. В настоящее время доступны регуляторы давления со встроенным регулятором расхода, что оговаривается при заказе.

В современном оборудовании редуктор давления часто комбинируется с регулятором расхода, который может обеспечить требуемый расход пробы при минимальном разряжении на выходе;

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

g) градуировка трассовых газоанализаторов в процессе эксплуатации может осуществляться с помощью контрольной ячейки. Контрольная ячейка заполняется поверочной газовой смесью, состоящей из горючего газа и азота. Произведение концентрации поверочного газа на длину ячейки есть интегральная концентрация. Чаще всего проверка работоспособности регулярно осуществляется при помощи предварительно откалиброванного оптического фильтра, поставляемого изготовителем. В обоих случаях средство градуировки располагается между трансмиттером и ресивером или между трансивером и световозвращателем.

Всегда необходимо принимать меры против повреждения предварительно откалиброванного оптического фильтра. Даже небольшие царапины, следы пыли, отпечатки пальцев, другие загрязняющие вещества могут привести к значительному искажению показаний. Не следует использовать последовательность из нескольких откалиброванных оптических фильтров;

h) оборудование для градуировки и соединительные трубки не должны адсорбировать компоненты поверочной газовой смеси 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 сероводород или хлор;

i) 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;

j) 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;

k) корректировка чувствительности в последних двух случаях происходит программно, поэтому необходимо применять только поверочную газовую смесь, указанную изготовителем газоанализатора, подавая ее с рекомендованным расходом.

С учетом всего многообразия вариантов при выборе поверочной газовой смеси 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

11.8.2.1 Общие положения

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

11.8.2.2 Газовые смеси

Проверку по газовым смесям необходимо проводить в проветриваемом помещении, использованные газовые смеси следует 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 поверочную газовую смесь на газоанализатор и зарегистрировать его показания. При необходимости установить значения показаний равными паспортному значению содержания целевого компонента в поверочной газовой смеси. 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.

Если поверочный газ недоступен для градуировки газоанализатора, можно использовать замещающий газ. градуировка замещающим газом может быть менее точной и не обеспечивать желаемую скорость отклика. Градуировку замещающего газа следует использовать в соответствии с рекомендациями изготовителя.

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 газовой смеси для градуировки газоанализаторов, имеющих аварийную сигнализацию, так как содержание определяемого компонента в поверочной смеси не должно быть более установленного порога 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

А.1 Общие положения

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).

Инженерам и менеджерам полезно знать принципы измерения газовых датчиков и (или) датчиков газа, когда они решают выбрать подходящий газовый детектор для предполагаемого применения после разговора с производителем или продавцом. Однако рабочие характеристики и функции газового детектора не будут определяться только газовым датчиком или газовым чувствительным элементом, применяемым к нему. Поэтому следует иметь в виду, что выбор газового детектора должен осуществляться с учетом общей производительности и функций, поддерживаемых периферийными аппаратными средствами и программным обеспечением.

По своему принципу действия термокаталитические датчики (см. А.2) и анализаторы температуры пламени (см. А.8) предназначены для определения горючих газов путем их сжигания и поэтому не могут служить для определения негорючих газов и паров. 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 2 пункта 5.1, изменены лишь ссылки на пункты согласно настоящему приложению.

Таблица А.1 — Обзор газоаналитического оборудования с различными принципами измерений

	Каталитический датчик	Термокондуктометрический датчик	ИК-датчик	Полупроводниковый датчик	Электрохимический датчик	Пламенно-ионизационный датчик	Анализатор температуры пламени	Фотоионизационный датчик	Парамагнитный датчик кислорода
Подробности в разделе	А.2	А.3	А.4	А.5	А.6	А.7	А.8	А.9	А.10
Необходимость присутствия O_2 в газовой пробе	Да	Нет	Нет	(Нет)	(Нет)	(Нет)	Да	Нет	Не применяется
Типичные диапазоны измерения горючих газов	≤ НКПР	0—100 об. д. %	0—100 об. д. %	≤ НКПР	≤ НКПР	≤ НКПР	≤ НКПР	≤ НКПР	Не применяется
Типичный диапазон измерений для трассовых газоанализаторов	Не применяется	Не применяется	0—5 % НКПР·м	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется
Типичные диапазоны измерений для кислорода	Не применяется	Не применяется	0—100 об. д. %	Не применяется	0—25 (0—100) об. д. %	Не применяется	Не применяется	Не применяется	0—100 об. д. %
Горючие газы, не поддающиеся измерению	Большие молекулы	(А.3)	H_2	(см. 5.5)	Алканы	H_2, CO	(см. А.8)	H_2, CO, CH_4 IP > X[e)]	Горючие газы

Окончание таблицы А.1

	Каталитический датчик	Термокондуктометрический датчик	ИК-датчик	Полупроводниковый датчик	Электрохимический датчик	Пламенно-ионизационный датчик	Анализатор температуры пламени	Фотоионизационный датчик	Парамагнитный датчик кислорода
Относительное время срабатывания[a)]	В зависимости от вещества	Среднее	(Малое)	В зависимости от вещества	Среднее	Малое	Малое	Малое	От малого до среднего
Влияние негорючих газов[b)]	Нет	CO_2, фреоны	(Да)	SO_2, NO_x, H_2O	SO_2, NO_x	ClHCs[c)], фреоны	(Фреоны)	Вещество IP < X[e)]	NO, NO_2
Отравление[b)]	Si; (Hal[d)]), (H_2S), Pb	Нет	Нет	Si, Hal[d)], SO_2	(Нет)	(Si)	Нет	Нет	Нет
Необходимость внешних газов	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Нет	(Да/Нет)

[a)] Качественное сравнение принципов измерения. Данные значения не учитывают время срабатывания газоанализаторов с принудительным пробоотбором.

[b)] В таблице приведены наиболее типичные примеры.

[c)] Хлорированные углеводороды.

[d)] Органические галогенные или неорганические галоидные соединения.

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

Данные в скобках условны. См. соответствующий подпункт.

Примечание — Сокращение «об. д. %» означает «диапазон измерений».

Существуют альтернативные технологии обнаружения опасных ситуаций. Следует оценивать ограничения этих технологий, касающиеся возможности анализа газовой среды. Должны быть ясно осознаны риски для системы безопасности, связанные с применением таких методов обнаружения. Технологии, не соответствующие стандартам, применяемым к газоанализаторам (например, IEC 60079-29-1 или IEC 60079-29-4), должны рассматриваться только в качестве дополнительных методов обнаружения. Примером могут служить ультразвуковые датчики утечек из сосудов под давлением.

Однако характеристики ультразвуковых датчиков утечки таковы, что сигнал при образовании утечки может превышать сигнал от сформировавшейся интенсивной утечки. Поэтому ультразвуковые датчики утечки должны рассматриваться как дополнение к газовым датчикам, но никогда как их замена. Другим примером может служить применение инфракрасных камер для обнаружения места утечки и оценки размера утечки, но которые не дают информации о концентрации опасных веществ.

А.2 Термокаталитические датчики

А.2.1 Общие положения

Принцип действия термокаталитических датчиков основан на окислении горючего газа на поверхности катализатора, электрически нагреваемого до температуры от 250 °С до 550 °С. Катализатор, как правило, имеет форму спирали из каталитического материала, например платины, или выполнен в виде бусинки из пористой керамики, пропитанной веществом катализатора и закрепленной на нити накала. Последнюю конструкцию чувствительного элемента часто называют «пеллистор». В последние годы пеллистор стал основной конструкцией термокаталитического датчика.

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 полумостовой схеме. При этом влияние внешних воздействующих факторов, таких как давление, температура и влажность окружающей среды, компенсируется в диапазоне 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.

В керамических пеллисторах диффузия горючих газов и кислорода, а также отвод продуктов сгорания с поверхности определяет скорость процесса при высоких концентрациях горючих газов, что приводит к насыщению и аномальному поведению датчика при концентрациях горючего газа, больших НКПР.

Поскольку для работы термокаталитических датчиков требуется как минимум, чтобы объемная доля кислорода в воздухе была 10 % или больше. По этой причине 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 (например 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 скольконибудь 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.2.2 Область применения

Термокаталитические датчики предназначены для определения всех смесей горючих газов с воздухом при концентрациях, меньших 100 % НКПР. В принципе термокаталитические датчики чувствительны ко всех горючим газам, но имеют разную чувствительность к различным газам.

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.2.3 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, или значительным содержанием инертного газа. Следовательно, данный тип датчика можно использовать только для определения смесей горючих газов и паров в воздухе при их содержании 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 IEC 60079-29-1, должны иметь блокирующий 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.

Примечание — В случаях если используются датчики, единственным выходным сигналом которых является выходной сигнал постоянного тока 4—20 мА, центральный блок контроля и сигнализации в соответствии с IEC 60079-29-1 должен выдавать блокирующий сигнал о выходе показаний датчика за пределы диапазона измерений.

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 диапазоне 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 на датчик такой среды, может потребоваться несколько часов для восстановления характеристик датчика или могут наблюдаться необратимые изменения нулевого сигнала и чувствительности.

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

А.2.4 Влияние неопределяемых компонентов

Термокаталитический датчик, как правило, не обеспечивает избирательность, потому что все горючие газы (в воздухе) вызывают изменение его сигнала. Существует значительный разброс значений показателя 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 кислород в воздухе (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.2.5 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 водоотталкивающих веществ, клеев и компаундов, отдельных масел и жиров, некоторых лекарственных препаратов);
- тетраэтилсвинца (например, содержащегося в этилированном бензине, особенно в авиационном);
- 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, прежде чем у них пропадет чувствительность, способны переносить более высокие дозы таких веществ, чем традиционные датчики. 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 других наполнителей. Однако необходимо 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.3 Термокондуктометрические датчики

А.3.1 Общие положения

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 теплопроводности 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.2). 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 массоперенос.

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.3.2 Область применения

Для применения термокондуктометрических датчиков не требуется наличие кислорода, и они обеспечивают измерение объемной доли газового компонента вплоть до 100 % объемной доли.

Газоанализатор может быть отградуирован на любой выбранный диапазон объемной доли определяемого компонента, включая 100 % объемной доли, в среде известного компонентного состава.

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 ограничена, на практике 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 «инертным» газом резервуаров со сжиженным нефтяным газом. В качестве «инертного» газа в этом случае используется смесь N_2 и CO_2. Используя свойство теплопроводности в комбинации с конвекцией, можно изготовить датчики, которые нечувствительны к изменениям содержания фоновых газов (например воздуха, водорода и смеси диоксида углерода и 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.3.3 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.3.4 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, для того чтобы исключить влияние изменения влажности, может потребоваться осушение пробы.

А.3.5 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

А.4 Инфракрасные датчики

А.4.1 Общие положения

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

Многие газы поглощают инфракрасную энергию. Исключением являются одноатомные (например гелий, неон и аргон) и симметричные 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 его 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 ИК-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 пары воды 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.

ИК-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.

Газоанализаторы с ИК-датчиками, несмотря на разнообразие моделей, могут быть классифицированы следующим образом:

a) специализированные газоанализаторы, снабженные системой пробоотбора, которая, в свою очередь, может обеспечивать отбор пробы от нескольких точек контроля;

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). Как правило, длина оптического пути составляет менее метра;

c) газоанализаторы, в которых ИК-излучение источника от блока управления направляется на приемник оптического излучения с помощью световода — гибкого оптического кабеля, обеспечивая тем самым дистанционное определение горючих газов;

d) трассовые газоанализаторы с приемником и излучателем, расположенными по обоим концам оптического пути, длина которого может быть различной и составлять до нескольких сотен метров на открытом пространстве.

Технические характеристики газоанализаторов, указанных в перечислениях a), b) и c), регламентируются IEC 60079-29-1, технические характеристики трассовых газоанализаторов — IEC 60079-29-4.

Во всех случаях 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. В трассовых газоанализаторах могут применяться инфракрасные лазеры.

Для получения точного измеренного значения довзрывоопасных концентраций горючих газов для газоанализаторов типов, указанных в перечислениях a), b) и c), необходимо, чтобы в оптической камере между источником и приемником излучения находилась однородная газовая смесь. Для этих типов газоанализаторов это условие гарантированно выполняется ввиду малых размеров камеры. Для трассовых газоанализаторов газ между источником и приемником излучения редко бывает однородным, поэтому трассовые газоанализаторы измеряют интегральную или среднюю концентрацию (см. 4.6).

Для того чтобы устранить нежелательное влияние температуры окружающей среды, неопределяемых газов и паров и т. д., а для трассовых газоанализаторов — влияние осадков, прямого и отраженного солнечного света и искусственного освещения, применяется метод оптической фильтрации, во многих случаях использующий два инфракрасных луча. 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.

Как правило, поток излучения прерывается с определенной частотой для получения модулированного сигнала фотоприемника. 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.

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.

Что касается трассовых газоанализаторов, то помехи от водяного пара и углекислого газа пропорциональны длине оптического пути и, таким образом, в несколько сотен раз превышают влияние этих помех на газоанализаторы, предназначенные для измерений в одной точке. Также могут возникнуть помехи при наличии пыли и конденсированной воды в виде тумана, дождя или снега.

Поэтому требуется использование специальных методов, в том числе использование длины волны ИК-излучения, равной 2,2 мкм, при которой поглощение определяемого газа слабее, чем при обычной длине волны 3,3 мкм, но при которой влияние воды существенно меньше. Для этого требуется применять такие мощные

источники излучения с малой угловой расходимостью, как лазеры. В трассовых газоанализаторах также используется разностный сигнал, полученный на двух различных длинах волн ИК-излучения. Одна длина оптического излучения — рабочая, она совпадает с характеристической полосой поглощения определяемого вещества, а другая — опорная или сравнительная, выбираемая таким образом, чтобы компенсировать влияние нежелательных эффектов — влияния воды, солнечного света, тумана и пыли. Используя для определения отношение сигналов на этих двух длинах волн, возможно уменьшить влияние нежелательных эффектов. Существуют требования по минимальному значению сигнала, которые накладывают ограничения на максимальное значение оптического пути трассового газоанализатора.

В приложении Е для пользователей трассовых газоанализаторов приведены дополнительные данные по видимости в атмосфере.

Конструкция ИК-датчиков позволяет использовать самодиагностику для проверки чувствительности к определяемому компоненту. Другими преимуществами метода являются:

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.

А.4.2 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 инфракрасной 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. Для измерения содержания кислорода в ИК-датчиках используются приборы TLS (спектроскопия поглощения перестраиваемых лазерных диодов) с диапазонами измерения от нескольких % объемной доли до 100 % объемной доли.

Соответствующим выбором длин волн и длины оптического пути можно получить газоанализаторы для:

- измерения суммарного содержания углеводородов, часто с использованием области длин волн, соответствующей колебательному переходу С—Н.

Примечание — При измерении общего количества углеводородов отдельные вещества, например ацетилен, могут не учитываться;

- 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 %.

В настоящее время применение трассовых газоанализаторов ограничено такими областями, как определение низших алканов, низших алкенов и низших спиртов. Как правило, диапазон измерений трассовых газоанализаторов составляет от 0 до 5 НКПР·м.

Диапазон измерений и технические характеристики газоанализаторов следует выбирать в соответствии с целями конкретного применения.

А.4.3 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 оптико-акустический приемник, чувствительны к вибрации.

Некоторые типы ИК-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.4.4 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 IEC 60079-29-1, 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.

Воздействие неопределяемых компонентов и паров воды на показания трассовых газоанализаторов существенно больше, чем для других типов ИК-датчиков. Кроме того, трассовые газоанализаторы должны быть работоспособны при попадании в оптический путь пыли, тумана, дождя или снега, а также при наличии естественного и искусственного освещения. Трассовые газоанализаторы, соответствующие требованиям IEC 60079-29-4, подвержены минимальному уровню помех от всех перечисленных воздействий.

А.4.5 Отравление

Отравляющие воздействия на ИК-датчик неизвестны.

А.5 Полупроводниковые датчики

А.5.1 Общие положения

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, обычно оксид металла, например оксид олова, нанесенный на поверхность керамической подложки, электрически нагревается до нескольких сотен градусов Цельсия. Электроды наносятся на поверхность методом ионной имплантации или другим способом.

Для обнаружения газов в широком диапазоне концентраций используют полупроводниковые датчики, однако зависимость между концентрацией определяемого компонента и сигналом датчика нелинейна, чувствительность датчиков уменьшается с увеличением концентрации. Во многих случаях для работы полупроводниковых датчиков требуется присутствие кислорода в пробе, а колебания влажности анализируемой среды и изменения содержания кислорода могут повлиять на их чувствительность.

Некоторые полупроводниковые датчики реагируют, помимо горючих газов и паров, также на другие вещества. Датчики, как правило, не являются избирательными и подвержены влиянию внешних факторов и неопределяемых 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 с помощью диффузии, но также может применяться принудительная подача).

А.5.2 Область применения

Полупроводниковые датчики применяются для определения газов в широком диапазоне концентраций, в том числе очень низких, от единиц ppm до 100 % НКПР, однако их характеристика преобразования нелинейная.

Полупроводниковые датчики используются в течеискателях даже при очень низких концентрациях определяемого компонента и в сигнализаторах, не имеющих отсчетного устройства.

А.5.3 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 1 — 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.

Примечание 2 — Этот эффект от воздействия повышенной концентрации может быть исключен при помощи специальной конструкции датчика.

Колебания концентрации кислорода, температуры, влажности или скорости движения воздуха могут оказать сильное влияние на чувствительность. В этих случаях необходимо обратиться к руководству по эксплуатации.

А.5.4 Влияние неопределяемых компонентов

Полупроводниковые датчики неизбирательны, негорючие газы могут вызывать как отрицательный (например NO_2), так и положительный сигнал датчика. Датчики современной конструкции могут иметь лучшую избирательность.

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.

А.5.5 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;
- цианиды;
- галогенсодержащие соединения.

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

А.6 Электрохимические датчики

А.6.1 Общие положения

Принцип действия электрохимических датчиков основан на изменении электрических параметров электродов, находящихся в контакте с электролитом, в присутствии определяемого газа. Изменение электрических параметров является следствием протекания окислительно-восстановительной реакции с участием 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 фаз «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.6.2 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 применяются для определения содержания газов вплоть до нескольких миллионных долей, например, при обнаружении утечек или индивидуальном контроле многих токсичных газов (но не паров), таких как 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 % НКПР до 100 % НКПР, использующие другие типы датчиков, описанных в настоящем стандарте, часто выпускают в многоканальном исполнении, включающем электрохимические датчики токсичных газов и кислорода.

А.6.3 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.

Низкие значения температуры или влажности могут уменьшить чувствительность и увеличить время установления показаний датчика. Длительная работа при очень низких значениях влажности может привести к высыханию электролита. Чтобы этого избежать, некоторые датчики снабжаются резервуаром для увлажнения.

Свойства электролита ограничивают минимальное (а в ряде случаев и максимальное) значение рабочей температуры; предельные значения указывают в руководстве по эксплуатации.

Время срабатывания и время установления показаний $t_{(90)}$ сравнительно большие, обычно > 30 с.

А.6.4 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 определяемым, что должно быть указано в руководстве по эксплуатации.

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 поверочной газовой смеси, 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.6.5 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 в результате 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.7 Пламенно-ионизационные датчики

А.7.1 Общие положения

Принцип работы 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 используется 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; практически достижимое время установления показаний может быть меньше чем 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 связи С—Н, ненасыщенные связи С—С и связи С—галоген. 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.

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.7.2 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.7.3 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 может 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.7.4 Влияние неопределяемых компонентов

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

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.7.5 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.8 Анализаторы температуры пламени

А.8.1 Общие положения

Принцип работы 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; практически достижимое время установления показаний может быть меньше чем 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.8.2 Область применения

АТП используется 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.8.3 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.8.4 Влияние неопределяемых компонентов

Галогенсодержащие углеводороды, например фреоны, при высоких концентрациях уменьшают сигнал АТП, снижая температуру пламени.

А.8.5 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

А.9 Фотоионизационные датчики

А.9.1 Общие положения

Принцип действия ФИД основан на ионизации газов с помощью 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, к которым приложено напряжение. В ионизационной камере молекулы определяемого газа, чей ионизационный потенциал 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.

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 обнаружить все горючие газы самыми распространенными УФ-лампами не удастся.

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 поверочной газовой смеси, 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.9.2 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, он 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 2 000 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.9.3 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 обнаруживает соединения, имеющие ИП, превышающие энергию излучения лампы. Большинство датчиков оборудовано УФ-лампой с энергией излучения 10,6 эВ. Но это не подходит для низкоалканов и ряда других легковоспламеняющихся 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 может обнаружить оксид углерода, водород или метан в воздухе при помощи любой какой-либо из вышеупомянутых ламп.

ФИД не рекомендуется применять для определения содержания определяемого компонента свыше 2 000 млн$^{-1}$ из-за нелинейности характеристики преобразования. Ограничения по диапазонам измерений указаны в руководстве по эксплуатации конкретного газоанализатора.

Лампы с более высокой энергией излучения имеют малый срок службы.

А.9.4 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.9.5 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

Измерение содержания ряда соединений, например сложных стиролов или акрилатов, может привести к разложению веществ, подвергнувшихся воздействию УФ-излучения, и оседанию продуктов разложения на колбе УФ-лампы. Следовательно, рекомендуется регулярно очищать УФ-лампу в соответствии с указаниями, приведенными в руководстве по эксплуатации.

А.10 Парамагнитный датчик кислорода

А.10.1 Общие положения

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

* При необходимости используйте пересчитанные значения единиц величин.

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 используется модуляция магнитного поля.

А.10.2 Область применения

Парамагнитный датчик используется 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 объемной доли кислорода 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.

А.10.3 Ограничения по применению

В зависимости от особенностей конструкции датчика газоанализаторы могут:

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

В большинстве случаев необходима компенсация влияния изменений давления и температуры.

А.10.4 Влияние неопределяемых компонентов

За исключением NO и NO_2, чувствительность к которым составляет приблизительно 50 % и 4 % по отношению к чувствительности датчика по кислороду, существенной чувствительности к другим газам не выявлено.

А.10.5 Отравление

Отравляющие воздействия на датчик неизвестны.

Приложение В
(справочное)

Характеристики окружающей среды

В таблице В.1 приведены минимальные требования к внешним воздействующим факторам, соответствующие IEC 60079-29-1. Подробная информация по методам испытаний и правилам приемки приведена в упомянутом стандарте.

Условия окружающей среды на месте эксплуатации всегда должны соответствовать условиям, 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 — Параметры окружающей среды

Характеристика	Значение согласно IEC 60079-29-1
Хранение в отключенном состоянии	24 ч при каждой температуре, последовательно: –25 °С +20 °С (внешняя среда) +60 °С +20 °С (внешняя среда)
Температура	Переносные/передвижные газоанализаторы от –10 °С до +40 °С Выносные датчики от –25 °С до +55 °С Блоки управления от +5 °С до +55 °С Стационарные газоанализаторы со встроенным датчиком от –10 °С до +55 °С
Давление	От 80 до 120 кПа
Влажность окружающего воздуха	От 20 % до 90 %
Скорость воздушного потока	До 6 м/с
Вибрация	Газоанализаторы со встроенным датчиком: - частота от 10 до 30 Гц, амплитуда смещения 1 мм; - частота от 31 до 150 Гц, амплитуда ускорения 19,6 м/с^2. Газоанализаторы с выносными датчиками: - частота от 10 до 30 Гц, амплитуда смещения 1 мм; - частота от 31 до 150 Гц, амплитуда ускорения 19,6 м/с^2
Испытание 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 окружающей среды и техническим требованиям к газоанализаторам горючих газов (относящихся к I и II группам электрооборудования)

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 (единица измерения)	Примечания

Желательно наряду с названием вещества привести его химическую формулу.

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

_____ % отн. влажности минимум

_____ % отн. влажности максимум

7. Диапазон значений относительной влажности анализируемой среды:

от _____ °С минимум до _____ °С максимум

8. Диапазон значений давления анализируемой среды:

от _____ °С минимум до _____ °С максимум

9. Линейная скорость воздушных потоков в анализируемой среде:

от _____ °С минимум до _____ °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: _____ Группа: _____

Газовая группа: _____ Зона: _____ Группа: _____

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			
1						
	Примечания:					
2						
	Примечания:					
3						
	Примечания:					
4						
	Примечания:					
5						
	Примечания:					

Отметки о проведении градуировки

Дата		Примечания
1		
2		
3		
4		
5		

Приложение Е
(справочное)

Видимость в атмосфере

Поглощение света возникает в результате рассеяния и абсорбции. Поглощение света выражается законом Бугера — Ламберта — Бера:

$$F = F_0 \exp(-e\ x),$$

где x — длина оптического пути;

F — значение светового потока, принимаемое после прохождения в атмосфере пути длиной x;

F_0 — значение светового потока при длине пути, равной 0;

e — коэффициент поглощения, включающий как абсорбцию, так и рассеяние.

Из определения метеорологической оптической дальности (МОД), см. 3.7.5:
$F = 0{,}05F_0$, в то время как x = МОД
Следовательно, МОД = –(1/e)ln(0,05).
Из определения коэффициента пропускания, см. 3.7.13:

$$T = F\ /\ F_0 = \exp(-e\ x).$$

Таким образом, исключив из уравнения e, получаем:

$$\text{МОД} = x\ (\ln 0{,}05)/(\ln T).$$

Данные расчеты предполагают, что размеры частиц при туманообразных осадках или пыли достаточно велики по сравнению со всеми показательными длинами волн, поэтому поглощение света не зависит от длины волны. Излучение от калильного источника при 2700 К, как при определении МОД, достигает максимального значения, когда длина волны составляет 1 мкм. Следовательно, расчет наиболее пригоден для устройств, работающих в видимой и инфракрасной областях спектра. Для устройств, работающих в УФ-диапазоне, эквивалент МОД будет занижен, а для работающих в средней и дальней инфракрасных областях спектра — завышен.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60079-0	MOD	ГОСТ 31610.0—2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования»
IEC 60079-10-1:2008	—	*, 1)
IEC 60079-10-2	IDT	ГОСТ 31610.10-2—2017/IEC 60079-10-2:2015 «Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды»
IEC 60079-13	MOD	ГОСТ 31610.13—2019 (IEC 60079-13:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 13. Защита оборудования помещениями под избыточным давлением «p» и помещениями с искусственной вентиляцией «v»
IEC 60079-17	—	*, 2)
IEC 60079-19	MOD	ГОСТ 31610.19—2022 (IEC 60079-19:2019) «Взрывоопасные среды. Часть 19. Текущий ремонт, капитальный ремонт и восстановление оборудования»
IEC 60079-29-1:2007	—	*, 3)
IEC 60079-29-4	MOD	ГОСТ 31610.29-4—2023 (IEC 60079-29-4:2009) «Взрывоопасные среды. Часть 29-4. Газоанализаторы. Общие технические требования и методы испытаний газоанализаторов горючих газов с открытым оптическим каналом»
IEC 61285	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичный стандарт;
- MOD — модифицированные стандарты.

1) Действует ГОСТ 31610.10-1—2022 (IEC 60079-10-1:2020) «Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды», модифицированный по отношению к IEC 60079-10-1:2020.

2) Действует ГОСТ IEC 60079-17—2013 «Взрывоопасные среды. Часть 17. Проверка и техническое обслуживание электроустановок», идентичный prIEC 60079-17.

3) Действует ГОСТ IEC 60079-29-1—2013 «Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Требования к эксплуатационным характеристикам газоанализаторов горючих газов», идентичный prIEC 60079-29-1.

Библиография

IEC 60050-426:2008 — International Electrotechnical Vocabulary — Part 426: Equipment for explosive atmospheres (Международный электротехнический словарь. Часть 426. Электрооборудование для взрывоопасных сред)

IEC 60079-14 — Explosive atmospheres — Part 14: Electrical installations design, selection and erection (Среды взрывоопасные. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок)

IEC 60079-20-1 — Explosive atmospheres — Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification — Test methods and data (Взрывоопасные среды. Часть 20-1. Характеристики материалов для классификации горючих газов и паров. Методы испытаний и информация о материалах)

IEC 61326-1 — Electrical equipment for measurement, control and laboratory use — EMC requirements — Part 1: General requirements (Оборудование электрическое для измерения, управления и лабораторного применения. Требования электромагнитной совместимости. Часть 1. Общие требования)

IEC 60079-29-3 — Explosive atmospheres — Part 29-3: Gas detectors — Guidance on functional safety of fixed gas detection systems (Взрывоопасные среды. Часть 29-3. Газоанализаторы. Руководство по функциональной безопасности стационарных газоаналитических систем)

NFPA 30, Flammable and Combustible Liquids Code (Код легковоспламеняющихся и горючих жидкостей)

GESTIS — Database on hazardous substances (publically available), gost.e-ecolog.ru (База данных об опасных веществах (общедоступная))

GRIGGS D.J., D. W. JONES, M. OULDRIDGE and W.R. SPARKS. The first WMO intercomparison of visibility measurements, UK 1988,1989 (Первое взаимное сопоставление ВМО измерений видимости)

WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION. Report WMO/TD-No. 401 (ВСЕМИРНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ. Отчет ВМО/TD-No 401)

УДК 621.3:006.354 МКС 29.260.20 IDT

Ключевые слова: газоанализаторы, газоаналитические системы, электрооборудование взрывозащищенное, техническое обслуживание газоанализаторов горючих газов и кислорода

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 17.11.2025. Подписано в печать 02.12.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 10,12.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

gost.e-ecolog.ru