

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ДГТУ)

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Дисциплина «Производственная и пожарная автоматика»

ТЕМА 6: «Автоматический аналитический контроль взрывоопасности воздушной среды промышленных предприятий»

ТЕМА ЗАНЯТИЯ: «Термохимические газоанализаторы»

Ростов-на-Дону

2014 год

ЛИТЕРАТУРА

(Список литературных источников, рекомендуемых для изучения)

|  |
| --- |
| 1. А.В. Фёдоров, В.И. Фомин, В.И. Смирнов. Производственная и пожарная автоматика: учебник: в 2 ч. Часть 1.: Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов/ под общей редакцией А.В. Фёдорова.- М.: АГПС МЧС России – 2011г.  2. В.П. Бабуров, В.В. Бабурин и др. Производственная и пожарная автоматика. Часть 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: АГПС МЧС России – 2007г.  3. А.А. Навацкий и др. Производственная и пожарная автоматика: учебник: Часть 1.: Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация - М.: АГПС МЧС России – 2005г.  4. Литвинов В. А., Фомин В. И., Европейцев А. Г., Никулин М. И. Лабораторный практикум по курсу «Производственная и пожарная автоматика. Часть II. “Пожарная автоматика”». Раздел 2. Автоматические установки пожаротушения. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 47 с.  5. Собурь С. В. Установки пожаротушения автоматические. Справочник. – М.: Спецтехника, 2004. – 400 с.  6. Титков В. И. Четвёртая стихия. Из истории борьбы с огнём. – М.: Объединённая редакция МВД России, 1998. – .192 с.  7. Фомин В. И. Автономные установки пожаротушения: Основные показатели **//** Противопожарные и аварийно-спасательные средства. – 2005. – №4.  8. Фомин В. И. Автоматические установки пожаротушения // Противопожарные и аварийно-спасательные средства. – 2004. – № 4.  9. Членов А. Н., Фомин В. И., Фёдоров А. В., Смирнов В. И., Европейцев А. Г. Сборник фондовых лекций по пожарной автоматике. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 89 с.  10. Меркулов В. А. Газовое пожаротушение. Состояние и перспективы развития // Пожароврывобезопасность. – 2003. – № 2. – стр. 62–63.  11. Иличкин В.С. и др. Оценка токсической опасности фторсодержащих газов, применяемых для объемного пожаротушения // Пожароврывобезопасность. – 2003. – № 3. – стр. 47–51.  12. Харисов Г. Х. Исследование некоторых вопросов эксплуатации автоматических установок газового пожаротушения. М.:ВИПТШ МВД СССР, 1978.  13. Фомин В. И. Обслуживание установок пожарной автоматики // Пожарная безопасность–2006. Специализированный каталог, 2005.  14. Рекомендации по проверке технического состояния установок пожарной автоматики. – М., 1989.  15. Бубырь Н. Ф. и др. Эксплуатация установок пожарной автоматики. – М.: Стройиздат, 1986. |
| 1. ГОСТ 12.1.004–91\*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.  2. ГОСТ 12.1.033–81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.  3. ГОСТ 12.4.009–83\*. ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.  4. ГОСТ Р 51043–2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний.  5. ГОСТ Р 51052–2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Узлы управления. Общие технические требования. Методы испытаний.  6. ГОСТ Р 50588–93. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний.  7. ГОСТ Р 51114–97. Установки пенного пожаротушения автоматические. Дозаторы. Общие технические требования. Методы испытаний.  8. ГОСТ 27331–87. Пожарная техника. Классификация пожаров.  9. ГОСТ Р 50969–96. Установки газового пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний.  10. ГОСТ 12.3.046–91. Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования.  11. ГОСТ Р 51091–97. Установки порошкового тушения автоматические. Типы и основные параметры.  12. ГОСТ Р 51046–97. Техника пожарная. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Типы и основные параметры.  13. НПБ 60–97. Пожарная техника. Генераторы огнетушащего аэрозоля общие технические требования. Методы испытаний.  14. ГОСТ Р 50898–96. Извещатели пожарные. Огневые испытания. |
| 1. НПБ 88–2001\*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.  2. НПБ 84–2000. Установки водяного и пенного пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний.  3. НПБ 87–2001\*. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний.  4. РД 25.953–90. Системы автоматические пожаротушения, пожарной, охранной и охранно-пожарной сигнализации. Обозначения условные графические элементов связи.  5. НПБ 67–98. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Модули. Общие технические требования. Методы испытаний.  6. НПБ 60–97. Пожарная техника. Генераторы огнетушащего аэрозоля общие технические требования. Методы испытаний.  7. РД 50-690–89. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным.  8. НПБ 110–03. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией.  9. ППБ 01–03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. |

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Термохимические газоанализаторы.

1.1 Назначение, принцип действия; группы термохимического метода;

2. Современные газоанализаторы;

3. Схемы принудительного забора анализируемой смеси на анализ;

4. Заключение

5. Контрольные вопросы

ВВЕДЕНИЕ.

1. Термохимические газоанализаторы.

1.1 Назначение, принцип действия; группы термохимического метода;

Термохимические газоанализаторы

Для определения взрывоопасности газопаровоздушных сред пользуются газоанализаторами, определяющими концентрацию в воздухе того или иного горючего газа или пара. Оценка взрывоопасности среды производится путем сопоставления полученных данных со значениями нижних пределов воспламенения тех или иных газов или паров.

Среди методов, применяемых для определения горючих паров или газов, наибольшее распространение в мировой практике получил термохимический метод. Сущность термохимического метода заключается в том, что благодаря известному свойству некоторых металлов и окислов ускорять реакцию горючих газов и паров на своей поверхности удается выделить эти горючие газы и пары путем их каталитического сжигания.

Термохимические приборы, в основе которых лежит термохимический метод, могут быть разделены на три группы.

К *первой группе* относятся приборы, в которых реакция горения сопровождается выделением тепла, протекает на катализаторе (обычно платиновая нить), причем катализатор используется и как чувствительный элемент измерительной схемы.

Ко *второй группе* относятся приборы, в которых реакция протекает на насыпном катализаторе, а полезный тепловой эффект, сопровождающий реакцию, измеряется специальным термочувствительным элементом.

К *третьей группе* относятся приборы, в которых реакция протекает на твердых носителях, пропитанных каталитически активным раствором, а полезный тепловой эффект измеряется расположенным на носителе термочувствительным элементом (рис. 1).



Рис. 1. Чувствительный элемент:

*1* − цилиндр из -окиси алюминия; *2* – платиновая спираль; *3* – контактные выводы

Носителями обычно служат материалы, имеющие большую поверхность на единицу объема, такие, как активная окись алюминия, асбест. Для полного окисления газообразующих продуктов требуется температура более 1000 оС, катализаторы же снижают эту температуру.

Тепловой эффект и температуру измеряют компенсационным или нулевым методом измерения.

Первыми разработками в области приборов, определяющих степень загазованности производственных помещений горючими газами или парами, являются переносной газоанализатор горючих газов и паров типа ПГФ1 и в последующем его модификации ПГФ1-В1А, ПГФ2-В3Г в искробезопасном исполнении.

На основе ПГФ1 был разработан прибор ГБ3 для измерения концентраций этилированных бензинов. Для измерения концентраций бензина и метана разработан прибор МБ2. Первыми отечественными стационарными приборами были приборы типа СГГ – сигнализаторы горючих газов. Эти приборы калибровались индивидуально на каждый анализируемый газ, что исключало их применение в случае наличия в воздухе смеси разных горючих газов и паров. Впервые примененные в шахтных условиях в качестве индикаторов взрывоопасных концентраций метана, эти приборы широко использовались в различных отраслях промышленности: химической, нефтяной, горнодобывающей, легкой и других, но в основном для определения концентраций в воздухе индивидуальных горючих веществ.

2. Современные газоанализаторы;

Потребности промышленности привели к разработке новых модификаций приборов, определяющих концентрации горючих паров или газов, независимо от того, какой горючий газ, пар или их смесь находится в воздухе. Принципиально новым в этих приборах является универсальная шкала, построенная на основе закономерностей горения различных горючих веществ в воздухе при нижнем концентрационном пределе воспламенения.

Повышение температуры платиновой нити при горении на ней газа выражается общей формулой, принятой при термохимических расчетах:

, (4.1)

где α – полнота реакции; α1– число молей реагирующего вещества; *Q*н – теплота сгорания; β– потери тепла в окружающую среду; Σ*vc* – теплосодержание продуктов реакции и балластного газа; Δ*t* – повышение температуры нити.

Из соотношения (4.1) имеем:

 (4.2)

При одних и тех же конструктивных параметрах камеры, где расположена рабочая спираль, коэффициент зависит только от теплопроводности газа и температуры нити.

Так как в анализируемой смеси находится небольшое количество горючих паров или газов, то без особой погрешности можно принять во всех случаях теплопроводность среды примерно одинаковой и мало отличающейся от теплопроводности воздуха.

Выражение Σ*vc* при небольших примесях различных горючих паров и газов к воздуху также может быть принято постоянным, так как в основном оно определяется теплосодержанием воздуха, который во всех случаях составляет не менее 96 – 97 % смеси.

Следовательно, для прибора одного и того же типа формула (4.2) примет вид:

, (4.3)

где *K* – константа, постоянная для данного типа газоанализатора.

Таким образом, при одинаковых конструктивных параметрах прибора повышение температуры платиновой нити при горении на ней различных горючих веществ является функцией теплоты сгорания данного вещества, его концентрации и полноты реакции:

, (4.4)

Теплота сгорания *Q*н многих паров горючих веществ близки между собой, а полнота реакции определяется условиями диффузии горючего вещества к нити, каталитической активностью нити, условиями конвекции и другими факторами.

Температура пламени для некоторых газовоздушных смесей на нижнем концентрационном пределе распространения пламени (НКПР) приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1

**Температура пламени для газовоздушных смесей на нижнем концентрационном пределе распространения**

**пламени**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Горючий газ | Нижний предел воспламенения, об. % | Температура пламени, оС |
| Метан | 5,0 | 1225 |
| Этан | 2,9 | 1218 |
| Пропан | 2,1 | 1233 |
| Бутан | 1,8 | 1340 |
| Пентан | 1,4 | 1292 |
| Гексан | 1,3 | 1361 |
| Гептан | 1,0 | 1341 |

Как видно из таблицы 4.1, температура пламени при горении различных горючих веществ в воздухе на нижнем концентрационном пределе распространения пламени – величина практически постоянная.

Установлено также, что на нижнем пределе воспламенения равные объемы смесей большого числа газов и паров выделяют одинаковое количество тепла.

Согласно законам теплового взрыва, достижение НКПР обусловливается равновесием между тепловыделением за счет экзотермичности процесса окисления и теплопотерями из зоны реакции. Так как основным содержанием смеси на НКПР является воздух, то можно полагать, что теплопотери для одних и тех же условий для любых газов будут определяться условиями теплоотвода практически через воздух, т.е. будут одинаковы.

Учитывая указанное выше условие предела теплового взрыва (равновесие между тепловыделением и теплопотерями из зоны реакции), можно полагать, что для рассматриваемых смесей теплотворная способность элемента объема также будет одинакова. А если так, то и тепловой эффект, а значит, и повышение температуры будут на нижнем пределе воспламенения одинаковы для всех горючих паров и газов.

Более строго постоянство температуры горения газовых смесей на нижнем концентрационном пределе распространения пламени доказано Я.Б. Зельдовичем. Он получил количественное решение задачи определения пределов распространения пламени (пределов воспламенения), согласно которому температура горения на нижнем пределе воспламенения весьма слабо зависит от начальной температуры и состава смеси. Согласно этой теории, появление пределов распространения пламени (концентрационных пределов воспламенения) обусловливается неадиабатичностью процесса горения вследствие теплопотерь в окружающую среду. Наличие этих теплопотерь вызывает необходимость предположения конечных пределов значений скорости распространения пламени. Эти конечные значения определяют концентрационные пределы распространения пламени.

Если скорость пламени с учетом теплопотерь обозначить *U*, скорость пламени без учета теплопотерь  и максимальную теоретическую температуру горения *T* , то соотношение между скоростями пламени при адиабатическом протекании процесса и учете теплопотерь выразится так:

, (4.5),

где *Е* – энергия активации; α – константа.

Я.Б. Зельдович установил, что уравнение (4.5) имеет нетривиальное решение только при

, (4.6)

Следовательно, распространение пламени возможно только при условии, если  или на пределе

, (4.7)

Дальнейшие преобразования приводят к тому, что

, (4.8)

где *Т* – истинная температура горения. Отсюда

, (4.9)

или

, (4.10)

Из уравнения (4.10) следует, что максимальное падение температуры горения на пределе от теоретической составляет:

 (4.11)

Это условие и есть количественное решение задачи пределов распространения пламени. Если в уравнении (4.11) *Т* выразить через скорость химической реакции и константы, характеризующие теплоотдачу и т.п., то в результате для температуры горения на пределе получится трансцендентное уравнение. Поскольку в уравнении (4.11) есть экспонента, то решение его приводит к выводу, что температура горения на пределе весьма слабо зависит от начальной температуры и состава смеси, т.е. равные объемы смесей большого числа горючих паров и газов выделяют одинаковое количество тепла.

Теоретические предпосылки были экспериментально подтверждены, что послужило основанием для разработки универсальных приборов, определяющих суммарное содержание горючих газов и паров, модификаций СВК, СТХ, "ЩИТ", СТМ. Сравнительные характеристики современных стационарных термохимических газоанализаторов приведены в таблице 2. Схема принудительного забора контролируемой среды на анализ показана на рисунке 2.

Таблица 2

**Характеристики современных стационарных термохимических газоанализаторов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип газоанализатора | Количество датчиков/  взрывозащита | Вид забора смеси  на анализ | Вид анализируемой смеси |
| СТХ - 18 | 1  1ЕхdibIIAT3 | Диффузионный | Сумма горючих паров и газов в воздухе (С*х*/Н*y*) |
| ЩИТ - 2 | 1 или 5  1ЕхdibIIСT6 | Принудительный и  диффузионный | то же |
| СГГ-4М-4 | 1  1ЕхibdsIIСT6 | Диффузионный | то же |
| СТМ-10 | от 1 до 10  (1ЕхdIIСT4) | Принудительный и  диффузионный | то же |
| СТМ-30  (4-20 мА, RS-232) | от 1 до 16 в группе  (1ЕхdibIIСT3) | Принудительный и  диффузионный | то же |
| ГАЗОТЕСТ-3001/3003 | от 1 до 3  1ЕхibdsIIСT6 | Диффузионный | то же |

Контроль

Анализ

Вход

воздуха

*4*

*10*

*6*

*6*

*6*

*8*

*9*

*3*

*7*

*5*

*2*

*1*

3. Схемы принудительного забора анализируемой смеси на анализ;



Рис. 2. Схема принудительного забора анализируемой смеси на анализ:

*1* – фильтр; *2* – редуктор давления; *3* – датчик; *4* – ротаметр; *5* – воздушный эжектор;

*6* – взрывозащитное устройство; *7* – вентиль ротаметра; *8* – кран-переключатель;

*9* – сравнительный чувствительный элемент; *10* – рабочий чувствительный элемент

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1.