

Министерство образования и науки Российской Федерации
Филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
в г. Нижневартовске

Кафедра «Информатика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о.зав.кафедрой «Информатика»

к.ф.-м.н, доцент

/ А.В.Ялаев

« ____ » _____ 2018 г.

Разработка измерительной информационной системы газового анализа

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-12.03.01. 2018.441.ПЗ ВКР

Консультанты

Экономическая часть

к.э.н., доцент

/А.В.Прокопьев/

« ____ » _____ 2018г.

Безопасность жизнедеятельности

к.ф.-м.н, доцент

/А.В.Ялаев/

« ____ » _____ 2018 г.

Руководитель работы

д.ф.-м.н., профессор

/Р.Г.Мухарлямов /

« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы

обучающийся группы НвФл 431

/А.С.Колосов /

« ____ » _____ 2018г.

Нормоконтролер

старший преподаватель

/Л.Н.Буйлушкина/

« ____ » _____ 2018г.

Нижневартовск 2018

АННОТАЦИЯ

Колосов А.С., Разработка измерительной информационной системы газового анализа. – Нижневартовск: филиал ЮУрГУ, Информатика: 2018, 71 с., 9 ил., 9 табл., библиогр. список – 20 наим., 3 прил.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка измерительной информационной системы газового анализа.

Выпускная квалификационная работа содержит аналитический обзор основных методов газового анализа, общих характеристик газоаналитических систем, основных систем газового анализа, методы поверки газоанализаторов, выбор метода измерения, выбор компонентов, разработку измерительной информационной системы, расчет экономической эффективности разработки, данные о соответствии разработки требованиям безопасности.

Внедрение разработанной измерительной информационной системы в технологический процесс нефтяных производств позволит сократить расходы на приобретение систем заводского исполнения, а также повысит точность измерений, что даст возможность повысить уровень безопасности персонала и промышленных объектов.

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------|-----------------|--------------|-------------|---|---|---|---|-------------|---------------|
| | | | | | 12.03.01.2018.441 ПЗ ВКР | | | | | |
| <i>Изд.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> | Разработка измерительной информационной системы газового анализа | | | | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Разраб.</i> | <i>Колосов А.С.</i> | | | | | В | К | Р | 5 | 71 |
| <i>Проверил</i> | <i>Мухарлямов</i> | | | | | Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Нижневартовске кафедра «Информатика» | | | | |
| <i>Н.контр.</i> | <i>Буйлушкина</i> | | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | <i>Ялаев А.В.</i> | | | | | | | | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 8 |
| 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР | 10 |
| 1.1 Описание технологического процесса | 10 |
| 1.2 Газовый анализ..... | 12 |
| 1.3 Основные методы газового анализа | 13 |
| 1.4 Общая характеристика газоанализаторов | 19 |
| 1.5 Термокондуктометрические газоанализаторы | 23 |
| 1.6 Термохимические газоанализаторы..... | 25 |
| 1.7 Электрохимический газоанализатор..... | 27 |
| 1.8 Оптико-акустические газоанализаторы..... | 31 |
| 1.9 Поверка газоанализаторов | 35 |
| 2 РАЗРАБОТКА ИИС НА БАЗЕ ВЫБРАННОГО ПЕРВИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ..... | 37 |
| 2.1 Выбор метода газоанализа | 37 |
| 2.2 Структурная схема ИИС | 38 |
| 2.3 Функциональная схема ИИС | 39 |
| 2.4 Принципиальная схема ИИС..... | 39 |
| 2.5 Элементы электрической схемы | 40 |
| 2.6 Расчет погрешностей измерительного канала..... | 41 |
| 2.7 Алгоритм работы программы микроконтроллера..... | 48 |
| 3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ | 50 |
| 3.1 Объем капитальных затрат | 50 |
| 3.2 Расчет себестоимости..... | 50 |
| 3.3 Расчет экономической эффективности разработки | 55 |
| 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ..... | 57 |
| 4.1 Область применения..... | 57 |
| 4.2 Указания по эксплуатации | 57 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Обязанности и ответственность | 58 |
| 4.4 Требования к конструкции | 58 |
| 4.5 Эксплуатационная документация | 61 |
| 4.6 Свойства сероводорода и его действие на человека | 62 |
| 4.7 Оказание доврачебной помощи при отравлении сероводородом | 62 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 64 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 65 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А. АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА | 67 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА | 68 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В. КОМПАКТ-ДИСК | 71 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность выпускной квалификационной работы заключается в модернизации существующих систем газоанализа, путем повышения точности системы, что позволит повысить уровень безопасности персонала и промышленных объектов.

Общеизвестно, что нефть и газ, нефтепродукты, топливо, и прочие вторичные производные, которые получают от переработки нефти – это всё вещества и компоненты, широко применяемые и повсеместно используемые в жизни любого современного государства и общества. Так как все эти химические соединения, или их газы и пары представляют собой, как правило, взрывоопасные и вредные токсичные вещества, то везде используются газоанализаторы и газосигнализаторы для оперативного обеспечения безопасности сотрудников, а также промышленных объектов.

Технологический процесс и цикл движения нефти, газа и конечных продуктов их переработки от нефтегазового месторождения к конечному потребителю можно разделить на следующие основные и важные этапы:

- бурение, добыча;
- переработка;
- транспортировка;
- хранение и дальнейшее использование.

Применение систем газового анализа необходимо на всех этапах технологического процесса.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка экономически выгодной системы газового анализа, не уступающей аналогичным системам по своим характеристикам.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- аналитический обзор;

- разработка измерительной информационной системы на основе выбранного первичного преобразователя;
- расчет экономических показателей разрабатываемой системы;
- анализ безопасности измерительной информационной системы.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Описание технологического процесса

При добыче нефти на поверхность земли может поступать попутный газ, который, в большинстве случаев может нести опасное отравляющее вещество сероводород. В связи с риском внезапного выброса смеси разных взрывоопасных горючих газов и отравляющего вещества сероводорода, непрерывным испарением газов и химических соединений с поверхности разлитой нефти требуется постоянное наличие сотрудниками станции бурения или вышки портативных газоанализаторов для индивидуального контроля дозврывоопасных концентраций горючих газов и предельно допустимых концентраций рабочей зоны по сероводороду. Промышленные объекты, которые находятся на территории газодобычи и нефтедобычи должны быть укомплектованы стационарными системами газового анализа аналогичного назначения.[1]

Важнейшей задачей при бурении является предупреждение риска вскрытия газовых карманов и фонтанирования нефти. Изображение газового кармана представлено на рисунке 1. Для достижения этой цели, в процессе бурения, осуществляется постоянный периодический контроль и измерение содержания газов в буровом растворе.

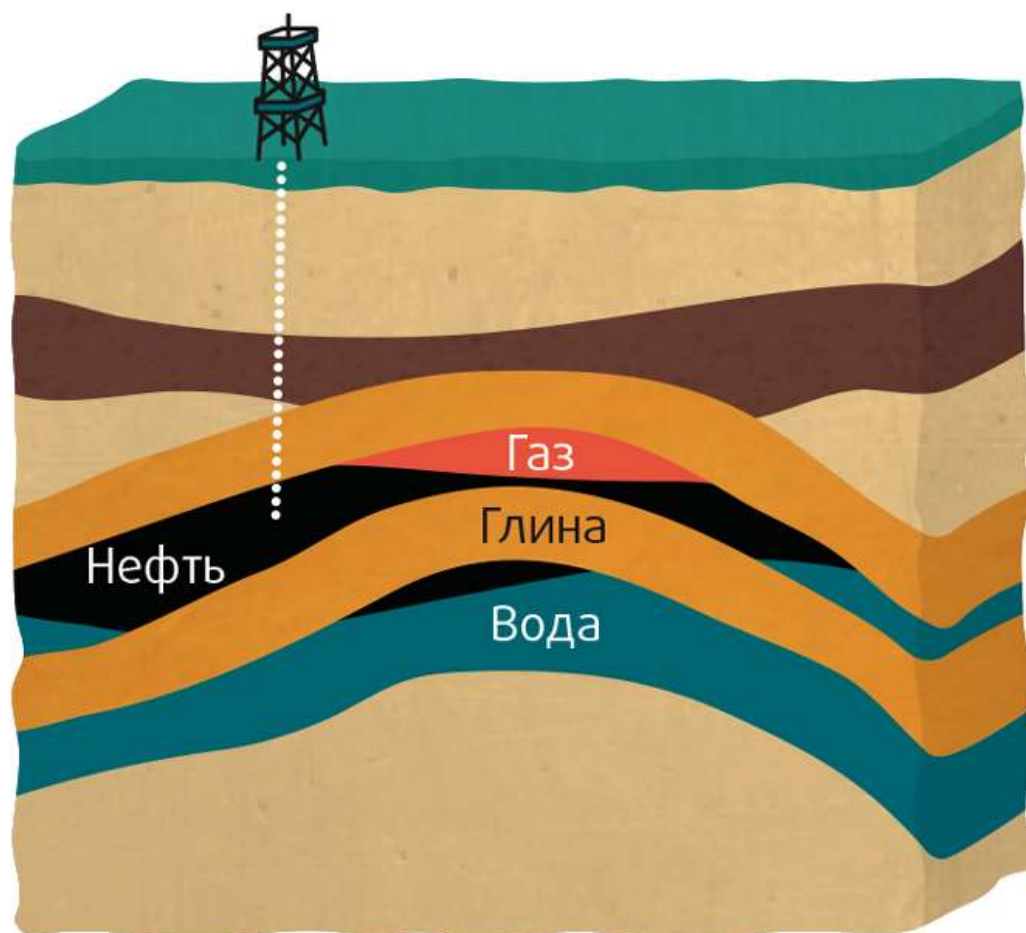


Рисунок 1 – Газовый карман

Газопереработка и нефтепереработка осуществляется на специализированных для этих нужд газоперерабатывающих и нефтеперерабатывающих заводах. На таких заводах газоанализаторы и газосигнализаторы используются для решения важнейших проблем: обеспечение безопасности работы предприятия и сотрудников, управление и контроль технологических процессов.

Основные типовые примеры применения газоаналитических систем для измерения и контроля технических процессов:

– непрерывный контроль и измерение качества товарного газа в автоматическом режиме, при производстве на газоперерабатывающем заводе;

- непрерывное измерение и контроль за экологическими опасными выбросами в автоматическом режиме с расчётом валовых выбросов;
- непрерывный контроль в автоматическом режиме содержания кислорода в отходящих газах печей сжигания отходов;
- непрерывное измерение и контроль в автоматическом режиме за содержанием кислорода в битумных колоннах (до 4 % объёма);
- непрерывный контроль содержания кислорода в факельном газе в автоматическом режиме (до 2% объёма).[2]

После переработки на перерабатывающем заводе, нефть, товарный газ и другие нефтепродукты транспортируются в места их конечного потребления. Транспортировка может выполняться железнодорожным, трубопроводным, речным, морским и автотранспортом. На всех этих этапах транспортировки и на объектах по специальному хранению газа и нефти, везде, где осуществляется слив и налив продуктов нефтепереработки, необходим автоматический непрерывный контроль дозрывоопасных концентраций паров и горючих газов.

1.2 Газовый анализ

Газоанализ представляет собой высокоточное детектирование и количественное определение компонентов газовых смесей. Газоанализ обычно проводят с помощью специальных газоанализаторов, также возможны лабораторные методики. Как правило, методы газоанализа основаны на измерении свойств среды и физических параметров (таких как, электропроводность, магнитовосприимчивость, оптическая плотность, коэффициент рассеяния, теплопроводность) значения которых пропорционально зависят от концентраций определяемых компонентов.

Существуют селективные и неселективные методы измерения. В неселективных методах происходит измерение свойств газовой пробы (таких как, плотность или теплопроводность), которые зависят от относительного

содержания всех ее компонентов газовой пробы. Следовательно применение неизбирательных методов возможно преимущественно для анализа газовых смесей состоящих не более чем из двух газов, в которых происходит изменение состава только определяемого компонента. Взаимосвязь концентраций всех остальных компонентов не претерпевает изменений. В основном, в селективных методах измеряемое свойство газовой пробы определяется содержанием определяемого компонента.[3]

1.3 Основные методы газового анализа

Методы газоанализа условно делятся по параметру измеряемого физического параметра на:

- полупроводниковые;
- масс-спектрометрические;
- тепловые;
- магнитные;
- оптические;
- ионизационные;
- акустические;
- электрохимические;
- механические.

К механическим методам относится волюмоманометрический метод, который основан на измерении давления или объема пробы газа после воздействия на нее химической реакции, которая может заключаться, например, в постоянном поглощении части анализируемого газа надлежащими реактивами в поглотительных сосудах. Минимально определяемые концентрации от 0,001 до 0,01 %.

Также к механическим методам относится пневматический метод (аэростатический и аэродинамический). В первом случае измеряется плотность

смеси газа, во втором – параметры зависящие от плотности и вязкости таких процессов, как дросселирование потоков газа, взаимодействие струй, вихреобразование. Эти методы применяются для анализа бинарных и псевдобинарных газовых смесей (например для определения водорода в воздухе, водорода в этилене, углекислого газа в инертных газах, додеканол в водороде). Минимально определяемые концентрации от 0,01 до 0,1 %.

К акустическим методам относятся методы основанные на измерении поглощения звуковых и ультразвуковых волн в газовой смеси или скорости распространения этих волн. Методы не избирательны и применяются, в частности, для определения метана, кислорода, водорода в бинарных и псевдобинарных смесях. Минимально определяемые концентрации метода от 0,001 до 0,1 %.

Тепловые методы основаны на измерении теплового эффекта радиации с участием определяемого компонента или теплопроводности газовой смеси (термокондуктометрический метод) – (термохимический метод).

Термокондуктометрическим методом находят содержание,(например гелия, углекислого газа, водорода, метана), в бинарных и псевдобинарных смесях (Минимально определяемые концентрации от 0,01 до 0,1 %. Термохимический метод используют для селективного определения угарного газа, метана, кислорода, водорода, контроля в воздухе взрывоопасных и пожароопасных примесей (смесей газообразных углеводородов, паров бензина). Например, при определении метана его сжигают в присутствии катализатора (платина и палладий на активном оксиде алюминия). Количество выделившегося тепла, пропорциональное концентрации метана, с помощью терморезисторов преобразуют в регистрируемый электрический сигнал. Минимально определяемые концентрации метода от 0,001 до 0,01 %.

В магнитных методах измеряют физические характеристики газа, обусловленные магнитными свойствами определяемого компонента в магнитном поле. С их помощью контролируют содержание кислорода, отличающегося

аномально большой парамагнитной восприимчивостью. Наиболее распространенным считается термомагнитный метод, который основан на зависимости парамагнитной восприимчивости кислорода от его концентрации при воздействии магнитного поля в условиях температурного градиента. Минимально определяемые концентрации метода от 0,01 до 0,1 %.

В оптических методах измеряют оптическую плотность (абсорбционные методы), интенсивность излучения (эмиссионные методы), коэффициент преломления (рефрактометрический). Абсорбционный метод основан на измерении селективного поглощения инфракрасного, ультрафиолетового или видимого излучения контролируемым компонентом, применяют, например, для избирательного определения диоксида азота, озона, сероводорода, оксид серы, сероуглерода, формальдегида, фосгена, хлора, паров ртути, натрия, свинца. Минимально определяемые концентрации метода от 0,00001 до 0,01 %. Широко распространен оптикоакустический метод, который основан на пульсации газового давления в приемнике излучения при поглощении прерывистого потока излучения, прошедшего через анализируемый газ. Метод позволяет определять угарный газ, углекислый газ, метан, аммиак, сернистый газ, ряд органических соединений. Минимально определяемые концентрации метода от 0,001 до 0,01%. Источники излучения в абсорбционных методах – лампы накаливания, ртутные, водородные, ртутно-кадмиевые, кадмиевые, нихромовые спирали.

В фотоколориметрическом оптическом методе заблаговременно проводят цветную реакцию контролируемого компонента с подходящим реагентом в газовой фазе, в индикаторном реакторе или на плоскости твердого носителя (в виде ленты, таблетки, порошка) и измеряют насыщенность окраски производных реакции. Метод применяют также для селективного определения оксидов азота, угарный газ, сероуглерода, аммиака, ацетилена, фосгена, формальдегида. Минимально определяемые концентрации метода от 0,000001 до 0,001 %.

В эмиссионных оптических методах измеряют интенсивность излучения определяемых компонентов. Излучение возможно вызвать с помощью

электрического разряда (минимально определяемые концентрации метода от 0,0001 до 0,1 %), пламенем, светом и другими источниками (при использовании лазера минимально определяемые концентрации достигают от 0,0000001 до 0,000001 %). Эти методы применяют для количественного определения множества элементов и соединений.

В хемилюминесцентном методе измеряют интенсивность люминесценции, сопровождающей некоторые химические реакции в газах. Применение метода, к примеру, для определения озона и оксидов азота. А именно, определение оксида азота основано на его окислении озоном. Минимально определяемые концентрации метода от 0,000001 до 0,0001 %.

Оптические методы основаны на рассеянии света. Они стали развиваться благодаря лазерным технологиям. Оптические методы применяются, например, при удаленном контроле загрязнения атмосферы для определения, в основном, вредных примесей – органических соединений, оксидов азота, серы, углерода и. Минимально определяемые концентрации метода от 0,000001 до 0,1 %.

Рефрактометрический метод используется для определения углекислого газа, метана, ацетилена, сернистого газа в бинарных и псевдобинарных смесях. Минимально определяемые концентрации метода около 0,01 %. Интерферометрический оптический метод основан на измерении смещения интерференционных полос в результате изменения оптической плотности газовой смеси при изменении концентрации определяемого компонента. Применяется, например, для определения содержания углекислого газа и метана в воздухе. Минимально определяемые концентрации метода около 0,01 %.

Ионизационные методы основаны на измерении электрической проводимости ионизированных газовых смесей. Ионизацию проводят с помощью радиоактивного излучения, электрического разряда, пламени, ультрафиолетового излучения, на нагретой каталитически активной поверхности. Например, метод, основанный на измерении разницы сечений ионизации газов радиоактивным излучением, используют для анализа таких бинарных смесей, как водород – азот,

азот – углекислый газ, а также некоторых углеводородов (Минимально определяемые концентрации метода около 0,01%). Метод, основанный на ионизации органических соединений в пламени водорода, применяют для определения органических примесей в бинарных газовых смесях и воздухе (Минимально определяемые концентрации метода около 0,00001 %).

Масс-спектрометрические методы основаны на измерении масс ионизированных компонентов анализируемого газа, применяют для определения инертных газов, кислорода, водорода, оксидов углерода, азота и серы, а также неорганических, органических и металлоорганических летучих соединений. Минимально определяемые концентрации метода от 0,00001 до 0,001 %.

В электрохимических методах измеряют параметры системы, состоящей из жидкого или твердого электролита, электродов и определяемого компонента газовой смеси или продуктов реакции определяемого компонента с электролитом. Так, потенциометрический метод основан на зависимости потенциала индикаторного электрода от концентрации иона, который получен при растворении определяемого компонента в растворе; амперометрический метод основан на зависимости между током и количеством определяемого компонента, реагирующего на индикаторном электроде; кондуктометрический метод основан на измерении электропроводности растворов при поглощении ими определяемого компонента газовой смеси. Электрохимическими методами измеряют содержание примесей кислорода, угарного газа, оксидов азота, сернистого газа, сероводорода, водорода, додеканол, аммиака, озона. Минимально определяемые концентрации метода от 0,000001 до 0,0001 %.

В полупроводниковых методах измеряют сопротивление полупроводника (пленки или монокристалла), который взаимодействует с определяемым компонентом газовой смеси. Методы применяют для измерения содержания водорода, метана, пропана, кислорода, оксидов углерода и азота, галогенсодержащих соединений. Минимально определяемые концентрации метода от 0,00001 до 0,001 %.

Среди методов газового анализа иногда выделяют так называемые комбинированные. К ним относятся методы, который отличаются способами первичного преобразования пробы (хроматография, изотопное разбавление), которые могут сочетаться с измерением различных физических параметров, а также многопараметрический вычислительный метод.

В хроматографических методах газового анализа деление анализируемой смеси происходит при ее продвижении вдоль слоя сорбента. Наиболее часто применяют вариант проявления, в котором исследуемый газ переносится через слой сорбента потоком газа - носителя, сорбирующегося хуже любого из компонентов анализируемой газовой смеси. Для измерения концентрации разделенных компонентов в газе - носителях применяют различные детекторы. Хроматографические методы обеспечивают анализ большого круга органических и неорганических соединений с минимально определяемыми концентрациями метода от 0,0001 до 0,01 %. Сочетание хроматографического разделения с предварительным концентрированием (криогенной адсорбцией, диффузией) определяемых компонентов позволяет снизить значения минимально определяемых концентраций метода от 0,0000001 до 0,000001 %.

В методе изотопного разбавления в анализируемую пробу вводят стабильные или, реже, радиоактивные изотопы определяемого компонента и затем выделяют его из пробы вместе с добавкой. В случае радиоактивного изотопа расчет концентрации компонента идет по удельной радиоактивности выделенного компонента, а в случае стабильных изотопов расчет концентрации компонента идет по результатам масс-спектрометрического или спектрального анализа его изотопного состава. Применяется также метод, который основан на реакции между определяемым компонентом и радиоактивным реагентом. Соединение, которое образуется в ходе реакции, выделяют, измеряют его удельную активность, по значению которой находят концентрацию определяемого компонента. Методами изотопного разбавления измеряют содержание примесей кислорода, азота, водорода, оксидов углерода и азота,

метана, додеканол. Минимально определяемые концентрации от метода от 0,0000001 до 0,1 %. [4]

Многопараметрический метод вычислений основан на совместном измерении ряда физических параметров смеси и на решении с помощью ЭВМ системы уравнений, описывающих взаимосвязь измеряемых параметров с концентрациями определяемых компонентов. Одновременно можно измерять, к примеру, оптическую плотность среды при различных длинах волн, эффективность ионизации газов и паров на каталитически активных поверхностях с разными температурами нагрева.

1.4 Общая характеристика газоанализаторов

Основной задачей газоанализатора является контроль:

- воздуха рабочей зоны;
- выбросов с промышленных объектов;
- технологических процессов;
- загрязнения воздуха в жилой зоне;
- выхлопных газов транспортных средств;
- выдыхаемого воздуха человеком;
- контроль газов в воде и других жидкостях.

Классификация газоанализаторов по:

- выполняемым газоанализатором функциям;
- конструкции;
- количеству в газовых смесях измеряемых компонентов;
- по количеству измерительных каналов;
- по назначению.

Переносные газоанализаторы предназначены для решения ряда задач в сфере экологического мониторинга и контроля загрязнения атмосферы и воздуха рабочей зоны, а также для некоторых других целей требуется производить

измерения в различных точках предприятия, не всегда имеющие доступ к электросети.[5]

В этих случаях незаменимыми становятся переносные газоанализаторы (портативные газоанализаторы).

В отличие от стационарных газоаналитических систем, такие приборы отличаются компактностью, мобильностью и простотой использования, а так же небольшим временем подготовки к работе и широким диапазоном условий эксплуатации.

Область применения переносных газоанализаторов:

- помещения (трубопроводы, тоннели, промышленное здание.);
- на нефтеперерабатывающих заводах;
- на станциях фильтрации нефтепродуктов по фильтрации, водоотстоящих и факельных;
- в автомобильной промышленности;
- в производственных процессах, которые связаны с возможным выделением загрязняющих, отравляющих и взрывоопасных веществ, а также в химических лабораториях;
- портативные газоаналитические системы возможно использовать для калибровки и поверки стационарных газоаналитических систем.

Достоинства портативных газоанализаторов:

- низкая стоимость;
- мобильность;
- простота эксплуатации;
- большой спектр определяемых газов и загрязняющих веществ;
- высокая чувствительность сенсоров, что позволяет определять даже самые малые доли вредных веществ;
- возможность подключать электрохимические, термокаталитические или оптические сенсоры;
- большой модельный ряд;

- быстроедействие микропроцессорного блока;
- моментальное определение наличия взрывоопасных паров;
- могут выступать в качестве калибровочного устройства для стационарных газоанализаторов;
- компактные размеры и легкий вес;
- производят замеры как качественного, так и количественного состава воздушной или газовой смеси;
- позволяют одновременно контролировать содержание в воздухе рабочей зоны до нескольких газов;
- возможность настраивать и программировать пороги срабатывания устройства;
- наличие интерфейсов (инфракрасный, Wi-Fi, Bluetooth, Ethernet) для соединения с компьютером или другим внешним устройством;
- наличие памяти, для записи результатов, время и даты замеров.

Стационарные газоанализаторы предназначены для стационарной установки в рабочей зоне промышленных заводов и комбинатов, химических лабораториях, на нефтеперерабатывающих и газодобывающих предприятиях и других производствах. Это эффективные и высокоточные приборы, которые имеют соответствующую степень защиты, обладают высокой надежностью и способны дооборудоваться системой автоматики для удаления ядовитых, токсичных и горючих газов с различных помещений.[6]

Применение стационарных газоанализаторов обосновано необходимостью производить постоянные и достаточно частые периодические измерения концентрации загрязняющих, отравляющих, взрывоопасных веществ и кислорода в промышленной зоне для сохранения должного уровня и для организации технологического контроля за производственными процессами.

Область применения стационарных газоанализаторов:

- котельные;
- холодильные установки;

- газораспределительные пункты;
- промышленные зоны предприятий;
- научно-исследовательские центры;
- дизельные и турбинные установках;
- системы канализации;
- печах обжига.

Основные достоинства стационарных газоанализаторов:

- надежность;
- приемлемая цена;
- высокая точность измерений;
- возможность контролировать сразу несколько газов;
- длительный срок эксплуатации;
- возможность оборудовать помещение автоматической системой вытяжной вентиляции;
- дистанционный контроль состава воздушной смеси;
- высокая степень защиты устройства.

Несмотря на массу конструкционных вариантов, у газоаналитической системы существует свой набор базовых компонентов присутствующие в каждой модели.

Во-первых, это корпус, в котором размещены все рабочие элементы газоаналитической системы. Дело в том, что такие приборы требуют высокой степени защиты, поэтому к внешнему корпусу предъявляются серьезные требования. Соответственно практически каждый прибор требует питания от электросети, аккумулятор тоже возможно считать обязательной частью системы.

Во-вторых, это первичный измерительной преобразователь, то есть сенсор газового анализа или газочувствительный элемент, который обеспечивает данными для измерения.

Существует несколько видов таких газовых сенсоров. Подавляющее число сенсоров относится к оптическим, электрохимическим, инфракрасным и

термохимическим. Основной задачей первичного измерительного преобразователя заключается в преобразовании концентрации компонента состава газовой смеси в электрический сигнал. После этого вступает в работу устройство, обрабатывающее данный сигнал и демонстрирующее его показатели в виде индикации или отображения на дисплее.[7]

1.5 Термокондуктометрические газоанализаторы

Принцип действия термокондуктометрических газоаналитических систем основан на соотношении теплопроводности газовой смеси к концентрации компонента. В данном случае теплопроводность представляет собой аддитивное свойство для газовой смеси не более двух компонентов для данной температуры

$$\lambda_{\text{см}} = x_1\lambda_1 + x_2\lambda_2, \quad (1)$$

где x_1, x_2 — молярные доли компонентов;

λ_1, λ_2 — теплопроводности этих компонентов, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$.

Зная теплопроводность бинарной смеси и чистых компонентов, представляется возможным вычислить концентрации определяемых компонентов в газовой смеси. Применимость метода теплопроводности ограничивается определенной областью концентраций.[8]

Принципиальная схема термокондуктометрического газоанализатора представлена на рисунок 2. В плечи измерительного неуравновешенного моста включены одинаковые резистивные сопротивления, к примеру, в виде нитей, выполненных из платины и нагреваемых воздействием протекающего тока. Можно сказать, что эти сопротивления являются нагревательными элементами. Через сопротивления протекает одинаковый ток и нагревает их. Включенные в противоположные плечи моста два сопротивления находятся в камерах, через

которые проходит газ в составе которого имеются определяемые компоненты, а два других – в камеры (2), наполненные газом сравнения, например воздухом. Мост находится в равновесии пока одинаков отвод теплоты от нагревательных элементов в камерах с измеряемым и сравнительным газом.[9]

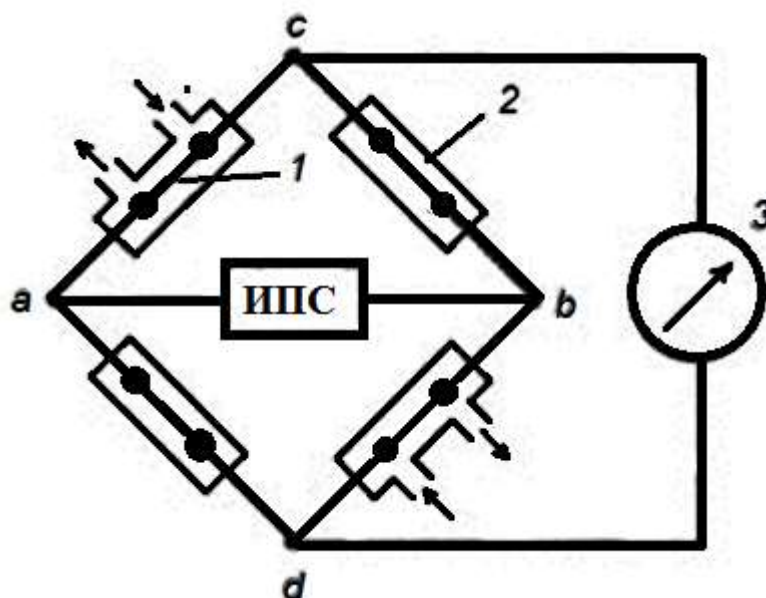


Рисунок 2 – Измерительная мостовая схема термокондуктометрического газоанализатора

Изменение температуры платиновых нитей и их сопротивления обусловлено отличием изменения теплопроводности подаваемого в измерительные камеры газовой смеси от теплопроводности сравнительного газа к стенкам камеры

Наблюдается такая схема преобразования концентрации анализируемого газа в разбаланс напряжения:

$$c \rightarrow \lambda_{cm} \rightarrow t \rightarrow R \rightarrow \Delta U_{cd} \quad (2)$$

При разбалансе измеряется напряжение потенциометром (3). для исключения возникновения дополнительных температурных погрешностей на

результат измерения, блок измерительных камер газоаналитической системы термостатируют, помещая, в один металлический блок.

Недостатками является большая погрешность измерения от 2,5 до 10 % в зависимости от интервала измерения и отсутствие селективности.

Областью применения является постоянный контроль:

- аммиака в аммиачно-воздушной смеси в производстве азотной кислоты; диоксида серы в печном газе в производстве серной кислоты;
- содержания водорода в азотоводородной смеси при производстве аммиака;
- водорода в газе карбидных печей и в производстве электролитического водорода.[10]

1.6 Термохимические газоанализаторы

Принцип действия термохимических газоанализаторов построен на окислении углеводородов на плоскости каталитического активного элемента и измерении выделившейся при окислении количества теплоты. Количество теплоты при окислении зависит от измеряемой концентрации углеводородов и паров горючих жидкостей. Существует две основные модификации термохимических газоаналитических систем. Первая модификация, изображенная на рисунке 3 а, является наиболее распространенной и широко используемой повсеместно. Реакция окисления происходит на активированной поверхности нагретой платиновой нити, которая помещена в измерительную проточную камеру, служащей чувствительным элементом для измерения температуры. Нить (R_1), нагревается под действием протекающего через нее тока и на ней происходит каталитическое окисление пропускаемой горючей смеси. Сравнительный элемент (точно такая же платиновая нить сопротивлением R_3) находится в закрытой сравнительной камере, заполненной воздухом. Оба сопротивления выполненные из платины вместе с двумя другими сопротивлениями образуют неуравновешенный измерительный мост.

Выделяющаяся в ходе реакции окисления горючих компонентов теплота приводит к повышению температуры измерительного элемента. С повышением температуры его сопротивление изменяется, и возникает разбаланс измерительного моста – мера концентрации горючих компонентов.

Во второй модификации, представленной на рисунке 3 б, применяется насыпной твердый катализатор (1), помещаемый в проточную термостатируемую камеру сжигания.

Повышение температуры, вследствие теплового эффекта реакции сгорания, измеряется термометром сопротивления (2).

$$c \rightarrow Q_{\text{сг}} \rightarrow t \rightarrow R \rightarrow \Delta U_{\text{сд}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{сг}}$ – теплота сгорания.

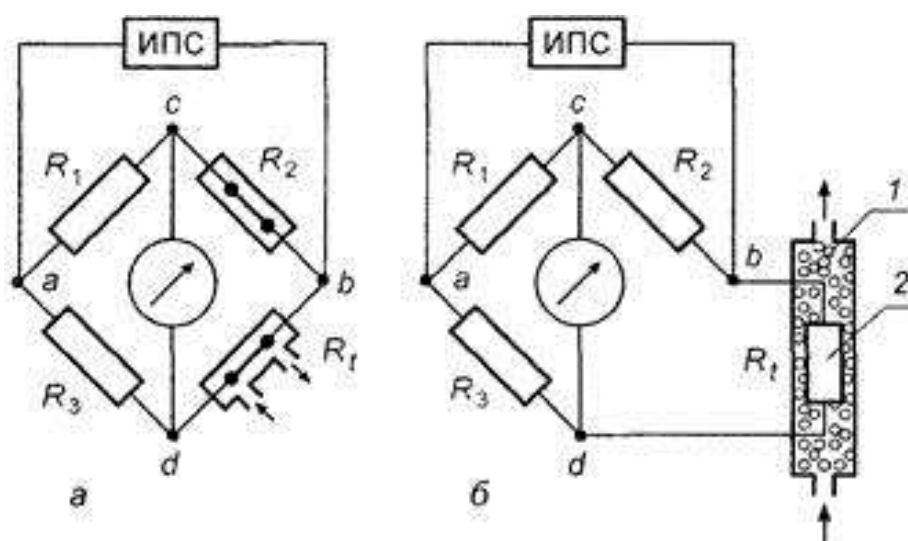


Рисунок 3 – Измерительные мостовые схемы термохимического газоанализатора с проволочным платиновым каталитическим чувствительным элементом R_t (а), и с проточной термостатируемой камерой (б)

В результате окисления без пламени появляется следующая схема преобразования концентрации горючего (анализируемого) газа в разбаланс напряжения. Напряжение во время разбаланса можно измерить с помощью потенциометра.

Недостатками является:

- обязательное наличие кислорода в контролируемой среде;
- отравляемость чувствительного элемента;
- ограниченный диапазон измерений;
- неизбирательность;
- низкие быстродействие и чувствительность.

Область применения: чаще всего для измерения до взрывных концентраций углеводородов и паров горючих жидкостей.

1.7 Электрохимический газоанализатор

Принцип действия электрохимических газоаналитических систем (газоанализаторов) основан на электрохимическом методе определений массовых концентраций вредных токсичных веществ, а также кислорода в газовой среде. В качестве чувствительного элемента тут выступает электрохимический сенсор (электрохимическая ячейка), предназначенный для обнаружения утечек и контроля токсичных, инертных и других газов, кислорода, органических веществ и паров кислот.



Рисунок 4 – Общий внешний вид и состав электрохимической ячейки

Контролируемый газ через противопылевой фильтр (также выполняющий функцию избирательного фильтра) и гидрофобную мембрану диффундирует на рабочий электрод, выполненный из благородного металла, такого как платина, палладий, золото. Высвобождающиеся при этом электроны проходят через электролит и эталонный электрод, и формируют во внешней цепи сигнал постоянного тока. Величина этого сигнала прямо пропорциональна концентрации детектируемого газа. Благодаря контрэлектроду, потенциал электродов остаётся на неизменном уровне, значительно повышая стабильность электрохимической ячейки и улучшая её измерительные свойства. Датчики нового поколения имеют в своём составе внутреннюю память (EEPROM), с сохранёнными на ней настроечными константами сенсора. При применении такого электрохимического сенсора с FLASH-памятью и подключении его к измерительной головке газоанализатора необходимая информация из него автоматически сканируется, и прибор готов к работе. Встроенный датчик температуры на основе NTC-резистора компенсирует влияние температуры на датчик. В результате электрохимическая ячейка может стабильно и устойчиво

работать с необходимой точностью при определённой температуре окружающей среды.[11]

Избирательный фильтр предназначен для исключения эффекта перекрёстной чувствительности газов, находящихся в атмосфере воздуха.

Например, присутствие 40 ppm (млн-1) диоксида азота в атмосфере вызвало бы отрицательные показания до - 30 ppm (млн-1) в электрохимическом сенсоре кислорода, предназначенного для измерения низких концентраций.

Селективные фильтры пропитаны особым веществом для соединения с помощью химической реакции установленные газы, к которым имеется перекрёстная чувствительность у электрохимического датчика. Поэтому данные фильтры имеют ограниченный рабочий ресурс и являются индивидуальными для различных датчиков. Кроме того, при наличии избирательного фильтра растёт время измерения целевого газа и снижается чувствительность сенсора.

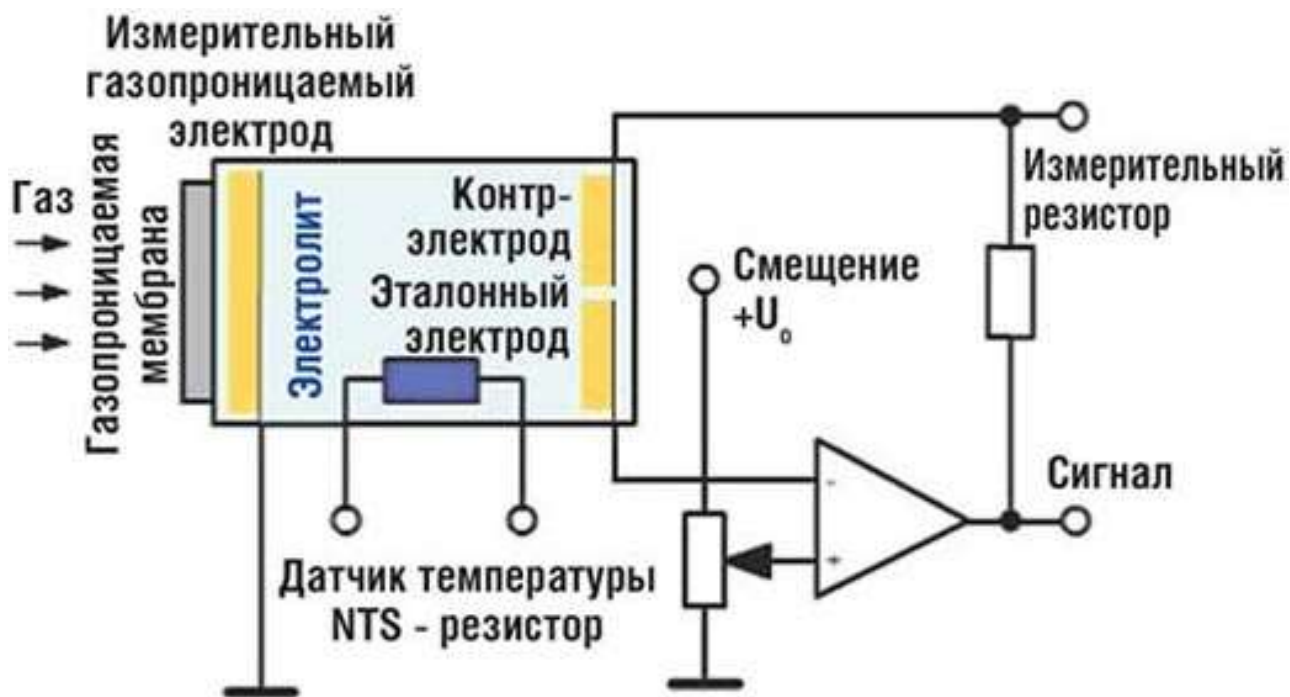


Рисунок 5 –Схема включения электрохимического сенсора

Электрохимические сенсоры можно сравнить с обычной аккумуляторной батареей. Средний срок службы либо хранения составляет 9 - 36 месяцев, но стоит учитывать, что ресурс сенсора расходуется в независимости от того, используется он или нет. Чем больше размеры газочувствительного сенсора и больше в нём электролита, тем выше его стабильность работы, рабочий ресурс и чувствительность к газу.

Как правило, наименьший срок службы имеет электрохимический сенсор на кислород. Некоторые электрохимические сенсоры формируют выходной электрический сигнал, соответствующий текущему содержанию детектируемого газа, только при подаче на них напряжения питания. Другие электрохимические датчики способны создавать его самостоятельно, без каких-либо дополнительных источников питания.

При установке в помещениях газоанализаторов с электрохимическими ячейками также, как и в случае с термохимическими газоанализаторами следует учитывать характеристики измеряемого газа – легче он воздуха или тяжелее. Не рекомендуется размещать газоанализаторы с электрохимическими датчиками в местах циркуляции мощных тепловых потоков либо возле тепловых агрегатов, поскольку нагрев электрохимического сенсора часто приводит к увеличению показаний измеренной концентрации и ложным аварийным включениям звуковой сигнализации и светового оповещения. При невозможности монтажа газоанализатора в другом месте можно обезопасить его от воздействия высоких температур размещением перед ним, со стороны теплового агрегата, небольшого защитного экрана.

Электрохимические датчики обладают следующими преимуществами, при сравнении их с обычным аналитическим оборудованием:

- малые габаритные размеры;
- высокая селективность;
- удобство использования;
- простота конструкции;

- высокая надёжность;
- значительный ресурс работы;
- относительно низкая стоимость.

Различают следующие электрохимические сенсоры: кулонометрические, потенциометрические, амперометрические (вольтамперометрия), кондуктометрические.

1.8 Оптико-акустические газоанализаторы

Действие оптико-акустических газоанализаторов обосновано способностью газа поглощать инфракрасное излучение. Способностью к поглощению излучения обладают все газы, исключением являются одноатомные, а также водород, кислород, азот и хлор. Каждый газ поглощает инфракрасное излучение только в характерных для него участках светового спектра. Интенсивность монохроматического излучения, прошедшего слой поглощающего газа, определяется законом Бугера – Ламберта – Бера:

$$I_{\lambda} = I_{0\lambda} \exp(-kch), \quad (4)$$

где $I_{0\lambda}$, I_{λ} – интенсивность монохроматического излучения до и после прохождения слоя поглощающего газа;

k – коэффициент поглощения, характерный для данного газа и определенной длины волны λ ;

c – объемная концентрация газа, поглощающего излучение;

h – толщина слоя поглощающего газа.

Оптико-акустический эффект используют для измерения интенсивности излучения, которое прошло через слой анализируемого газа. Суть эффекта заключается в том, что газ, способный поглощать инфракрасные лучи, в объемной камере находится под действием прерывистого воздействия

инфракрасного излучения, при этом смесь периодически нагревается при поглощении излучения и охлаждается при прекращении излучения. Изменения температуры вызывают изменения давления газа, воспринимаемые звуковым приемником.

Принципиальная схема оптико-акустического газоанализатора показана на рисунке 6. От двух источников (3) с отражателями (2) потоки инфракрасного излучения, одновременно прерываемые обтюратором (4), который вращается электродвигателем (У) с определенной частотой, проходят две камеры (5) и (6), затем фильтровые камеры (7) и попадают в лучеприемник (8). Сравнительная непроточная камера (6) заполнена азотом, в то время как в рабочую камеру (5) поступает анализируемый газ. Окна рабочей, сравнительной и фильтровых камер, а также лучеприемника выполнены из пропускающего инфракрасное излучение материала. Фильтровые камеры заполняются газами со спектрами поглощения способными перекрывать спектр поглощения определяемого компонента для помех. Благодаря наличию в анализируемой смеси мешающих газов погрешности измерения увеличиваться не будет, так как мешающие газы будут поглощать инфракрасное излучение в характерных для них участках спектра в обоих каналах – как измерительном, так и сравнительном, и разность интенсивности потоков инфракрасного излучения, поступающего в левую и правую камеры лучеприемника, будет зависеть от концентрации в анализируемой смеси только определяемого компонента. Лучеприемник (8) состоит из двух камер, заполненных смесью азота с определяемым компонентом и разделенных конденсаторным микрофоном (9). Периодически газ в лучеприемнике (8) за счет поглощения энергии будет нагреваться и охлаждаться. Поглощение и охлаждение газа в лучеприемнике будет приводить к возникновению в замкнутом объеме лучеприемника периодических колебаний температуры, которые, в свою очередь, вызывают периодические колебания давления газа. При равенстве интенсивностей инфракрасного излучения в правой и левой частях лучеприемника (8) мембрана конденсаторного микрофона

неподвижна. Если интенсивность поступающего инфракрасного излучения в левую лучеприемную камеру будет меньше, чем в правую, то и амплитуда периодического колебания давлений в левой лучеприемной камере будет меньше, чем в правой. В этом случае разность давлений, которая действует на мембрану конденсаторного микрофона, будет тем больше, чем больше будет концентрация определяемого компонента в анализируемой газовой смеси. Амплитуда колебаний мембраны и связанное с ней изменение выходного сигнала пропорциональны разности давлений в лучеприемных камерах. Отсюда следует, что концентрация определяемого компонента в газовой смеси пропорциональна амплитуде колебаний мембраны. Колебания давления преобразуются конденсаторным микрофоном (9) в электрический выходной сигнал, который, в свою очередь, можно измерить. Описанное оптико-акустическое явление известно как явление Тиндаля–Рентгена, которое наблюдалось этими учеными при звуковых частотах модуляции излучения. Выходной сигнал конденсаторного микрофона после преобразования в напряжение и прохождения усилителя (10) подается на реверсивный двигатель (11), перемещающий одновременно стрелку прибора и компенсирующую заслонку (12). Перемещение компенсирующей заслонки (12), в свою очередь, уравнивает потоки инфракрасного излучения на выходе из камер (5) и (6).[12]

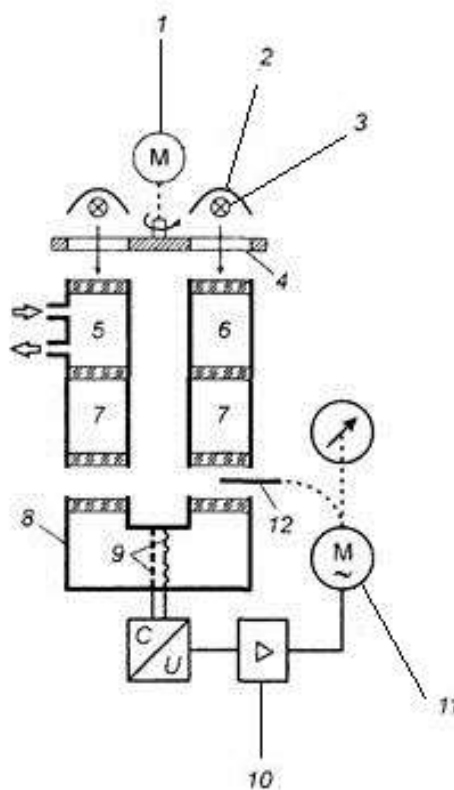


Рисунок 6 – Схема оптико-акустического газоанализатора

Селективность оптико-акустических анализаторов возможно повысить, применяя набор светофильтров с узким диапазоном длин волн пропускаемых лучей.

Достоинствами оптико-акустических газоанализаторов являются высокая чувствительность, хорошая избирательность, высокое быстродействие, широкий диапазон измерений, а также высокая точность и долговечность.

1.9 Поверка газоанализаторов

Все газоанализаторы, в соответствии с законом периодически подвергается поверке или калибровке. Поверка производится один раз в год, периодичность калибровки устанавливается владельцем газоанализатора.

При проведении поверки выполняются следующие операции:

- внешний осмотр;
- определение электрического сопротивления изоляции;
- проверка герметичности газовой системы;
- определение метрологических характеристик;
- определение основной приведенной погрешности газоанализатора;
- проверка сигнализации о диапазоне измерений по унифицированному выходному сигналу.

К сожалению, невозможно создать один универсальный газоанализатор, с помощью которого можно бы было решать все задачи газового анализа, по той причине, что ни один из известных методов не позволяет с одинаковой точностью производить измерения в максимально широком диапазоне концентраций.

Контроль разных газов, в разных диапазонах концентраций, производится разными методами и способами. Поэтому производителями конструируются и выпускаются приборы для решения конкретных задач измерения.[13]

Выводы по разделу один:

В ходе аналитического обзора были рассмотрены:

- технологические процессы с участием систем газоанализа;
- существующие методы газового анализа;
- общие характеристики газоаналитических систем;
- самые распространенные газоанализаторы;

– методы поверки.

Газоанализаторы – это незаменимые устройства, которые используются как на производстве, так и в быту и позволяют определять качественный и количественный состав загрязняющих веществ в рабочей зоне или любом другом помещении, где есть опасные факторы утечки вредных веществ и газов.

2 РАЗРАБОТКА ИИС НА БАЗЕ ВЫБРАННОГО ПЕРВИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

2.1 Выбор метода газоанализа

При проведении сравнительного анализа можно выделить основные достоинства и недостатки каждого из рассмотренных ранее методов газоанализа. К примеру, в хемолюминесцентных сенсорах подложку с раствором композиции нужно менять с периодичностью от двух дней до 2-х недель. Для проведения измерений без участия человека создание данной системы невозможно. Атомно-эмиссионная спектроскопия представляют собой либо очень громоздкие и дорогостоящие приборы, достаточно сложные в обращении.

Поэтому для разработки системы газового анализа были выбраны электрохимические датчики.

Используемые сенсоры (датчики) выпускаются серийно Российской компанией ООО «АналитТеплоКонтроль». Основные характеристики сенсора приведены в таблице 2.

Таблица 2.1 – Основные характеристики сенсора H₂S, применяемого в разрабатываемом газоанализаторе

| Показатель | Характеристика |
|---|---------------------|
| Сенсор | 3E-H ₂ S |
| Принцип измерения | Электрохимический |
| Измеряемый компонент | Сероводород |
| Концентрация (ppm) | 0-20 |
| Выходной сигнал, mA | 12±8 |
| Диапазон рабочей температуры воздуха, °C | От -30 до +50 |
| Диапазон относительной влажности воздуха, % | 20-98 |
| Диапазон атмосферного давления, кПа | 80-120 |
| Габаритные размеры сенсора, мм | 28x20 |
| Масса сенсора, г | 20 |
| Срок службы датчика H ₂ S, лет | 3 |

Исходя из технических характеристик датчиков, предоставляемых производителем можно сделать вывод, что эти датчики вполне применимы для разработки газоанализатора. Кроме того, производитель датчиков производит поверку датчиков и выдает соответствующий сертификат.

2.2 Структурная схема ИИС

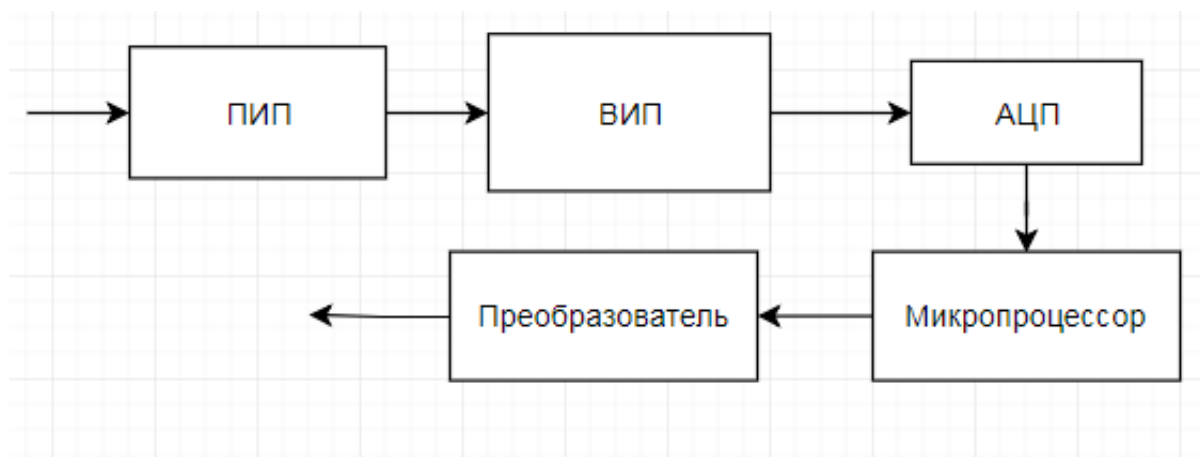


Рисунок 7– Структурная схема ИИС

2.2.1 Описание структурной схемы

Сигнал полученный на первичном измерительном преобразователе поступает на вторичный измерительный преобразователь, откуда, после обработки, поступает на аналого-цифровой преобразователь. Поступивший на аналого-цифровой преобразователь сигнал оцифровывается и поступает в микропроцессор. Обработанный в микропроцессоре сигнал поступает на преобразователь для передачи данных внешним устройствам.

2.3 Функциональная схема ИИС



Рисунок 8– Функциональная схема ИИС

2.3.1 Описание функциональной схемы

Физический параметр (ppm-концентрация) преобразуется в электрический сигнал в мили амперах (mA), после чего поступает на резистивный преобразователь. Преобразованный сигнал в вольтах (V) поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), встроенный в микроконтроллер, где происходит оцифровывание сигнала. Оцифрованный сигнал обрабатывается в микропроцессоре и передается по интерфейсу UART на внешнее устройство (компьютер).

2.4 Принципиальная схема ИИС

Принципиальная схема разрабатываемого газоанализатора представлена в приложении Б.

2.4.1 Описание принципиальной схемы

В ходе химической реакции возникает аналоговый сигнал датчика газового анализа(сенсор 3E-H2S).

Поскольку датчик газоанализа имеет токовый выход, а аналогово-цифровой преобразователь АЦП имеет входы, рассчитанные на измерение напряжения 0...5 вольт, то для преобразования сигнала используется резистивный преобразователь силы тока в напряжение.

Преобразованный сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь, который, в свою очередь, оцифровывает сигнал и передает его микропроцессору. Блоки аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и микропроцессор в схеме объединены пунктирной линией и представляют собой единый микроконтроллер.

Информацию, полученную с датчика (сенсор 3E-H2S) микроконтроллер посылает через асинхронный последовательный порт RS-232 в компьютер или другое устройство сбора и анализа информации.

Для согласования TTL уровней сигналов микроконтроллера и последовательного порта внешнего устройства (компьютера) используется преобразователь уровней сигналов MAX232.

2.5 Элементы принципиальной схемы

Элементы C1, C2 и XQ1 составляют частотодающую цепь. Номиналы C1 и C2 выбираются в соответствии с рекомендациями, изложенными в справочном листке на микроконтроллер. Принимаем $C1=C2=22$ пФ. Значение частоты кварцевого резонатора – 4 МГц.

Элементы C3 и L1 составляют фильтр низких частот. Номиналы C3 и L1 выбираются в соответствии с рекомендациями, изложенными в справочном листке на микроконтроллер. Принимаем $C3=0,1$ мкФ, $L1=10$ нГн

Элементы R1 и R2 составляют внешний параллельный резистор. Номиналы R1 и R2 выбираются в соответствии с рекомендациями, изложенными в справочном листке преобразователя ток-напряжение на базе RCV420.

Элементы C4-C9 составляют внешние конденсаторы преобразователя интерфейса и стабилизатор. Номиналы C4-C9 выбираются в соответствии с рекомендациями, изложенными в справочном листке преобразователя интерфейса MAX232.

2.6 Расчет погрешностей измерительного канала

Расчет погрешности произведен в номинальных условиях эксплуатации. Номинальная статическая характеристика измерительного канала $f_{hi}(x)$ рассчитывается по (35) для линейных функций преобразования отдельных звеньев:

$$A^i = \prod_{j=i+1}^N A_j, \text{ при } i = 1, 2, \dots, N-1, \quad (5)$$

$$A^N = 1, \quad (6)$$

$$a = \sum_{i=1}^N A^i a_i, \quad (7)$$

$$f_{hi}(x) = A_i x + a_i, \quad (8)$$

где N – количество компонентов в канале;

$f_{hi}(x)$ – номинальные статические характеристики преобразования каждого компонента ($i=1, 2, \dots, N$);

A_i и a_i – мультипликативная и аддитивная составляющие номинального преобразования компонента соответственно.[14]

Рассчитаем характеристики систематической и случайной составляющих погрешности. Определим следующие метрологические характеристики измерительного канала цифрового преобразователя угла:

$M[\Delta_{ci}(x)]$ – математическое ожидание систематической составляющей погрешности измерительного канала данного типа (для всех измерительных каналов информационно-измерительной системы (далее – ИИС) $i = 1, 2, \dots, m$);

$\sigma[\Delta_{ci}(x)]$ – среднеквадратическое отклонение систематической составляющей погрешности измерительного канала данного типа (для всех измерительных каналов ИИС $i = 1, 2, \dots, m$). [15]

$M[\Delta_{cij}(x)]$ – математическое ожидание систематической составляющей погрешности одного канала каждого компонента, входящего в измерительный канал цифрового преобразователя угла ($j = 1, 2, \dots, N$);

$M[\Delta_{cij}(x)]$ является линейной комбинацией всех входных сигналов компонента:

$$M[\Delta_{cij}(x)] = \sum_{k=1}^m B_{kij} x_k + b_{ij}, \quad (9)$$

где i – номер какого-либо выделенного канала;

$\sigma[\Delta_{cij}(x)]$ – среднеквадратическое отклонение систематической составляющей погрешности по одному каналу каждого компонента ($j = 1, 2, \dots, N$).

$\sigma[\Delta_{cij}(x)]$ – является функцией всех входных сигналов компонентов x_k ($k = 1, 2, \dots, m$):

$$\sigma[\Delta_{cij}(x)] = (\sum_{k=1}^m G_{ky}^2 x_k^2 + g_{ky}^2)^2, \quad (10)$$

где i – номер какого-нибудь выделяемого канала.

Исходя из (37), среднеквадратическое отклонение составляющей систематической погрешности на выходе цифрового преобразователя угла будем находить:

$$\sigma(\Delta) = \sqrt{\sigma^2(\Delta c_1)(A_2 A_3 \dots A_N)^2 + \sigma^2(\Delta c_2)(A_3 \dots A_N)^2 + \sigma^2(\Delta c_{N-1})A_N^2 + \sigma^2(\Delta c_N)}, \quad (11)$$

а среднеквадратическое отклонение составляющей случайной погрешности на выходе информационно-измерительной системы (далее – ИИС) будем находить:

$$\sigma(\dot{\Delta}) = \sqrt{\sigma^2(\dot{\Delta} c_1)(A_2 A_3 \dots A_N)^2 + \sigma^2(\dot{\Delta} c_2)(A_3 \dots A_N)^2 + \sigma^2(\dot{\Delta} c_{N-1})A_N^2 + \sigma^2(\dot{\Delta} c_N)}, \quad (12)$$

где A_N – функция преобразования.

Полная погрешность ИИС представляет собой сумму систематической $|\Delta_c|$ и случайной $\sigma(\dot{\Delta})$ погрешностей

$$\Delta = |\Delta_c| + \gamma \cdot \delta|\dot{\Delta}_c| \quad (13)$$

Полная систематическая погрешность:

$$\Delta = M|\Delta_c| + k \cdot \sigma(\dot{\Delta}) \quad (14)$$

где $M|\Delta_c|$ – математическое ожидание погрешностей на выходе элементов;

k – коэффициент Стьюдента;

$\delta|\Delta_c|$ – среднеквадратическое отклонение систематической составляющей погрешности на выходе цифрового преобразователя угла.

На рисунке 3.1 представлен измерительный канал цифрового преобразователя угла.

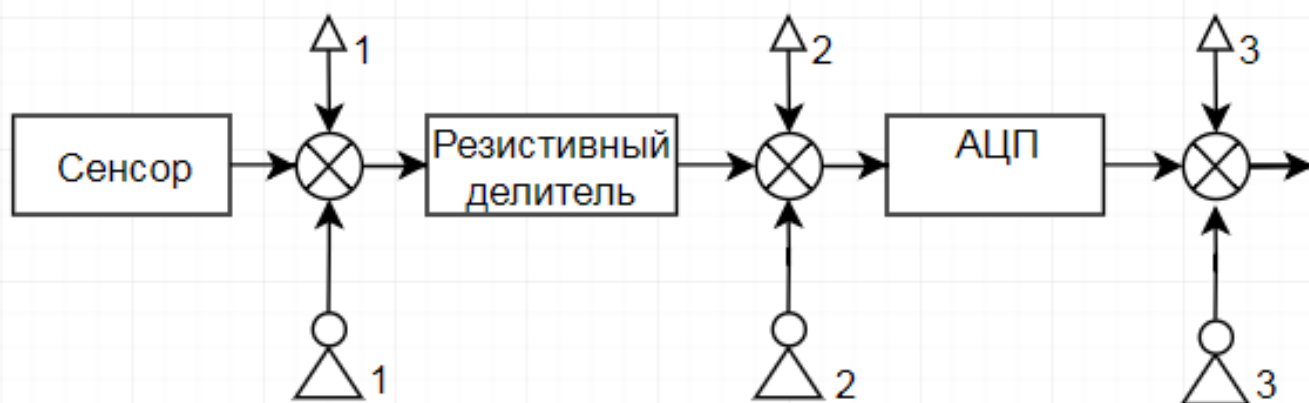


Рисунок 9 – Измерительный канал разрабатываемой системы газового анализа

Характеристики АЦП для расчета:

- 12 разрядный;
- $4 \cdot 10^{-7}$ с время преобразования отсчета;
- частота преобразования 0 Гц.

Рассчитаем функции преобразования для каждого элемента:

$$A_1 = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ мА} \cdot \text{ppm}^{-1}$$

$$A_2 = \frac{5}{0,016} = 320 \text{ В} \cdot \text{А}^{-1}$$

$$A_3 = \frac{5}{2^{12}} = 0,00123 \text{ В} \cdot \text{разряд}^{-1}$$

Математическое ожидание $M|\Delta_c|$ всех элементов измерительного канала равно 0.

Рассчитаем среднеквадратическое отклонение систематической погрешности:

1) Сенсор 3E-H2S: $\Delta_{\text{осн1}} = \pm 0,1 \text{ мА}$.

Предполагая равномерный вид закона распределения, найдем дисперсию систематической составляющей погрешности:

$$D_1 = \frac{(x_B - x_H)^2}{12} \quad (15)$$

$$D_1 = \frac{(0,1 + 0,1)^2}{12} = 0,0033 \text{ мА}$$

Найдем среднеквадратическое отклонение сенсора 3E-H2S:

$$\sigma = \sqrt{D} \quad (16)$$

$$\sigma = \sqrt{0,00033} = 0,057 \text{ мА}$$

2) Резистивный делитель: $\Delta_{\text{осн2}} = \pm 0,005 \text{ В}$

Предполагая равномерный вид закона распределения, найдем дисперсию систематической составляющей погрешности

$$D_1 = \frac{(x_B - x_H)^2}{12} \quad (17)$$

$$D_1 = \frac{(0,05 + 0,05)^2}{12} = 0,000833 \text{ В}$$

Найдем среднеквадратическое отклонение резистивного делителя:

$$\sigma = \sqrt{D} \quad (18)$$

$$\sigma = \sqrt{0,000833} = 0,029 \text{ В}$$

3) Аналого-цифровой преобразователь.

Рассчитаем пределы основной погрешности АЦП:

$$\Delta_{\text{осн3}} = \frac{U_{\text{вх}}}{2^{12}} = 0,00123 \text{ В} \cdot \text{разряд}^{-1}$$

Из формулы (17) найдем дисперсию систематической составляющей погрешности АЦП:

$$D_1 = \frac{(0,00123 + 0,00123)^2}{12} = 0,5043 \cdot 10^{-6} \text{В}^2 \cdot \text{разряд}^{-2}$$

Из (18) найдем среднеквадратическое отклонение систематической составляющей погрешности АЦП:

$$\sigma = \sqrt{0,5043 \cdot 10^{-6}} = 0,00071 \text{В} \cdot \text{разряд}^{-1}$$

Рассчитаем среднеквадратическое отклонение систематической составляющей погрешности измерительного канала по (11):

$$\sigma(\Delta) = \sqrt{0,057^2 \cdot (320 \cdot 0,00123)^2 + 0,029^2 \cdot 0,00123^2 + 0,00071^2} = 0,224 \text{В} \cdot \text{разряд}^{-1}$$

Исходя из (14) определим полную систематическую погрешность:

$$\Delta_c = 0 + 1,96 \cdot 0,224 = 0,439 \text{В}$$

Рассчитаем среднеквадратическое отклонение случайной погрешности:

1) У первичного датчика (сенсора 3E-H2S) и резистивного делителя среднеквадратическое отклонение случайной погрешности будет равно нулю.

2) Аналого-цифровой преобразователь

$$n = 12;$$

$$T = 4 \cdot 10^{-7} \text{с};$$

$$F = 0 \text{Гц}.$$

Корреляционная функция вида:

$$R_x(\tau) = \delta_x^2 (1 + \alpha|\tau|) e^{-\alpha|\tau|} \quad (19)$$

Приведённое значение дисперсии случайной погрешности АЦП с равномерной шкалой квантования для случайного сигнала с нормальным распределением спектра с $M|\Delta c| = 0$

Приведенное значение дисперсии результирующей случайной погрешности:

$$\sigma^2(\Delta_{\text{АЦП}}) = \frac{1}{12 \cdot 2^n} + \frac{\sigma_x T_{np}^2}{9} \quad (20)$$

Время преобразования:

$$T_p = a \cdot 2N \quad (21)$$

Дисперсия производной процесса:

$$\sigma_x = |R_x(\tau)|_{t=0} \quad (22)$$

Вторая производная корреляционной функции:

$$a = (\sqrt{1 + \sqrt{2}}) \cdot 2\pi \cdot F \max \quad (23)$$

Рассчитаем по (20) приведенное значение дисперсии результирующей случайной погрешности АЦП:

$$\sigma^2(\overset{\circ}{\Delta}_{АЦЦ}) = \frac{1}{12 \cdot 2^n} + \frac{((\sqrt{1 + \sqrt{2}}) \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0,4 \cdot 10^{-7})^2}{9} = 2,035 \cdot 10^{-5} c^2$$

Из полученного найдем среднеквадратическое отклонение случайной составляющей погрешности АЦП:

$$\sigma(\overset{\circ}{\Delta}_{АЦЦ}) = \sqrt{2,035 \cdot 10^{-5}} = 0,004557c$$

Рассчитаем среднеквадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерительного канала по (12):

$$\sigma(\overset{\circ}{\Delta}) = \sqrt{0,004557^2} = 0,004557c$$

Исходя из (13) определим полную погрешность измерительного канала:

$$\Delta = 0,439 + 1,96 \cdot 0,004557 = 0,45 \text{ В}$$

2.7 Алгоритм работы программы микроконтроллера

Алгоритм программы микроконтроллера представлен в приложении А.

2.7.1 Описание работы программы микроконтроллера

Программа работы микроконтроллера заключается в следующем:

Производится непрерывный (циклический) опрос датчика и сохранение полученных значений концентраций сероводорода в ОЗУ.

Беспрерывный вывод полученных значений концентраций сероводорода на внешнее устройство через интерфейс RS-232.

Сначала в программе производятся начальные установки микроконтроллера. В них устанавливается указатель стека на последнюю ячейку ОЗУ, исходное состояние каналов связи с датчиками концентраций сероводорода и UART, скорость обмена по UART.

После завершения начальных установок микроконтроллера, начинается часть программы, производящая опрос датчика сероводорода. Она будет циклически повторяться, пока подводится питание к микроконтроллеру или пока не возникнет запрос на прерывание. Опрос датчика сероводорода начинается с сигнала сброса на линии.

Команда начала измерения концентраций CONVERT C [44h] разрешает преобразование значений концентрации сероводорода в цифровой вид для датчика.

Опрос датчика начинается с сигнала сброса на линии связи с датчиком. Производится чтение значения концентрации сероводорода и запись в соответствующие ячейки ОЗУ.

Если необходимо продолжать измерять концентрацию сероводорода в воздухе рабочей зоны, то переходят к команде начала измерения концентраций, если нет, то тогда происходит завершение программы.

Выводы по разделу два:

В ходе разработки системы газового анализа:

- выбран оптимальный метод газоанализа;
- построена и описана структурная схема;
- построена и описана функциональная схема;
- построена и описана принципиальная схема;
- произведен расчет параметров электрической схемы;
- рассчитаны погрешности измерительного канала.

Преимуществами разрабатываемой системы является простая конструкция, высокая точность, продолжительный срок службы, а также возможность модификации данной системы.

3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Объем капитальных затрат

Рассчитываем объем капитальных затрат, используемых для организации производства системы. В таблице 3.1 представлен список и стоимость оборудования необходимого для разработки.

Таблица 3.1 – Список необходимого оборудования

| № | Наименование оборудования | Количество, шт. | Стоимость оборудования, руб. |
|-------|----------------------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | Паяльная станция LUKEY-902 | 1 | 5200 |
| 2 | Осциллограф JINHAN | 1 | 10999 |
| 3 | Мультиметр Mastech | 1 | 1500 |
| Итого | | | 17699 |

3.2 Расчет себестоимости

Расчет себестоимости устройства можно осуществить с помощью расчетно-аналитического метода. Его сущность сводится к тому, что прямые затраты на единицу продукции определяются путем нормативного расчета себестоимости проектируемого устройства по статьям калькуляции. По существующей классификации затрат принят следующий состав статей калькуляции:

- сырье и материалы;
- возвратные отходы;
- покупные комплектующие изделия;
- основная заработная плата производственных рабочих;
- дополнительная заработная плата производственных рабочих;
- отчисления на социальные нужды с заработной платы производственных рабочих;

– износ инструментов и приспособлений целевого назначения и социальные расходы;

– расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;

– накладные расходы.

Затраты на основные материалы, расходуемые в нашем случае на изготовление печатного узла. В таблице представлен расход материалов на расчетную плату.

Таблица 3.2– Расход материалов

| Наименование материалов | Ед. Изм. | Норма расх. на 1 изд. | Цена на ед. измер. | Стоимость материалов, руб. |
|-------------------------|----------|-----------------------|--------------------|----------------------------|
| Стеклотекстолит | Кг | 0,15 | 420 | 63 |
| Припой | Кг | 0,02 | 950 | 19 |
| Флюс | Кг | 0,005 | 61 | 0,305 |
| Лак | Кг | 0,02 | 470 | 9,4 |
| Спирт | Кг | 0,025 | 50 | 1,25 |
| Хлористое железо | Кг | 0,04 | 21 | 0,84 |
| Итого | | | | 93,795 |

В калькуляцию включается стоимость материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов.

$$\text{Получаем: } 93,795 \cdot 0,03 = 2,81385$$

$$\text{Итого: } 93,795 + 2,81385 = 96,60885$$

Возвратные отходы, считаем, что они составляют 1% от стоимости материалов:

$$96,60885 \cdot 0,01 = 0,97 \text{ руб.}$$

Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги кооперирующихся предприятий.

Эта статья включает в себя затраты на приобретенные готовые изделия и полуфабрикаты.

Составим таблицу для расчета стоимости покупных комплектующих изделий:

Таблица 3.3 – Стоимость комплектующих

| Наименование, тип элемента | Кол-во, шт. | Цена за 1 шт., руб. |
|---|-------------|---------------------|
| ЗЕ-Н2S, сенсор сероводорода | 1 | 6690 |
| Atmega16A, микроконтроллер | 1 | 1200 |
| Кварцевый резонатор | 1 | 360 |
| MAX232, преобразователь интерфейса | 1 | 180 |
| RCV420, преобразователь ток-напряжение | 1 | 2000 |
| Фильтр низких частот | 1 | 375,85 |
| С2-33, резистор 301Ом | 2 | 48,5 |
| К-73, конденсатор 22 пФ | 2 | 41 |
| К50-35, конденсатор 10мкф | 1 | 10 |
| ЕСАР К50, конденсатор 4,7 мкФ | 1 | 15 |
| К10-17А, конденсатор 0,1мкФ | 6 | 34 |
| RLB0712-100KL, катушка индуктивности 10мкГн | 1 | 25 |
| Итого | 19 | 11238,85 |

Транспортно-заготовочные расходы составляют 5% от общей стоимости комплектующих изделий:

$$11238,85 \cdot 0,05 = 561,9425$$

$$\text{Итого: } 11238,85 + 561,9425 = 11800,7925$$

Основная заработная плата производственного персонала, непосредственно задействованного в процессе изготовления продукции. Трудоемкость производства системы равна 5 дней. Затраты на основную заработную плату при изготовлении системы и численность производственного персонала приведены в таблице 3.4

Таблица 3.4 – Затраты на основную заработную плату

| Операции | Тарифная ставка, руб./час | Время выполн. операции, час | Заработная плата, руб |
|-------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Сборка | 200 | 18 | 3200 |
| Программирование | 220 | 12 | 2200 |
| Контроль качества | 300 | 10 | 2400 |
| Итого: | | | 7800 |

Объем фонда оплаты труда определяется формулой:

$$\text{ФОТ} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (24)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Дополнительная заработная плата составляет 25% от размера основной заработной платы:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot 0,25 = 7800 \cdot 0,25 = 1950 \text{ руб.}$$

Тогда объем фонда оплаты труда составит:

$$\text{ФОТ} = 7800 + 1950 = 8750 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные налоги связаны с фондом оплаты труда. На текущий момент норма отчислений во внебюджетные фонды составляет 30% от суммы фонда.[16]

Отчисления на социальные нужды определены формулой:

$$K_{\text{к}} = \text{ФОТ} \cdot 0,3 \quad (25)$$

Отсюда сумма отчислений на социальные нужды будет равна:

$$K_{\text{к}} = 8750 \cdot 0,3 = 2625$$

Сумма амортизационных отчислений определена формулой:

$$A = \frac{K_{об} \cdot H_a \cdot T_{прим}}{100}, \quad (26)$$

где $K_{об}$ – начальная стоимость единицы оборудования, руб;

H_a – месячная норма амортизации для этого вида оборудования, %;

$T_{прим}$ – время использования, мес.

Расчет амортизации приведен в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Расчет амортизации

| № | Наименование оборудования | Стоимость оборудования, руб. | Месячная норма амортизации, % | Время использования, мес. | Аморт. на ед. оборудования, руб. |
|--------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1 | Паяльная станция LUKEY-902 | 5200 | 1,02 | 0,12 | 6,4 |
| 2 | Осциллограф JINHAN | 10999 | 1,22 | 0,13 | 17,5 |
| 3 | Мультиметр Mastech | 1500 | 1,06 | 0,15 | 2,4 |
| Итого: | | | | | 26,3 |

Получаем затраты на амортизацию равные $A = 26,3$ руб.

Принимаем размер накладных расходов за 10 % от общих расходов.

Рассчитаем накладные расходы:

$H_p = 0,1 \times (26,3 + 2625 + 8750 + 11238,85 + 96,61) = 2273,68$ руб.

Рассчитаем себестоимость произведенной продукции по формуле:

$C = 26,3 + 2625 + 8750 + 11238,85 + 96,61 + 2273,68 = 25010,44$ руб.

Структура себестоимости по статьям калькуляции приведена в таблице 3.6

Таблица 3.6 – Структура себестоимости

| № | Статья затрат | Затраты, руб. |
|---|--------------------------------|---------------|
| 1 | Материалы и сырье | 96,61 |
| 2 | Покупные комплектующие изделия | 11238,85 |
| 3 | Фонд оплаты труда | 8750 |
| 4 | Отчисления на социальные нужды | 2625 |
| 5 | Амортизационные отчисления | 26,3 |
| 6 | Накладные расходы | 2273,68 |

3.3 Расчет экономической эффективности разработки

Экономическая эффективность разработки обусловлена более низкой стоимостью разработанной системы (таблица 3.7) по сравнению с системами на основе заводского исполнения (таблица 3.8).

Таблица 3.7 – Себестоимость датчика на основе разрабатываемой системы

| № | Статья затрат | Затраты, руб. |
|--------|--------------------------------|---------------|
| 1 | Материалы и сырье | 96,61 |
| 2 | Покупные комплектующие изделия | 11238,85 |
| 3 | Фонд оплаты труда | 8750 |
| 4 | Отчисления на социальные нужды | 2625 |
| 5 | Амортизационные отчисления | 26,3 |
| 6 | Накладные расходы | 2273,68 |
| Итого: | | 25010,44 |

Таблица 3.8 – Стоимость датчиков на основе заводского исполнения

| Наименование | Стоимость, руб. |
|---|-----------------|
| ЭССА-Н2S стационарный газоанализатор сероводорода | 31534,32 |
| ЭССА стационарный многокомпонентный газоанализатор | 47394,06 |
| КОЛИОН-1В-03С стационарный двухдетекторный газоанализатор | 98755,38 |
| КОЛИОН-1В-03 переносной двухдетекторный газоанализатор | 76815,64 |

Таблица 3.9 – Сравнительные характеристики систем газоанализа

| Показатель сравнения | Наименование газоанализатора | | | | |
|--|------------------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| | Разработанная ИИС | ЭССА-Н2S | ЭССА | КОЛИОН-1В-03С | КОЛИОН-1В-03 |
| Погрешность, % | 9 | 20 | 20 | 15 | 15 |
| Диапазон рабочей температуры воздуха, °С | От -30 до +50 | От -35 до +45 | От +5 до +45 | От +5 до +45 | От -30 до +45 |
| Срок службы, мес. | 36 | 24 | 30 | 18 | 18 |
| Диапазон измерений, $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$ | От 0 до 28,27 | От 0 до 30 | От 10 до 30 | От 0 до 30 | От 0 до 30 |

Исходя из сравнительного анализа основных характеристик разработанной системы газоанализа с аналогами существующими на рынке, можно сделать вывод, что разработанная система имеет меньшую погрешность измерений и больший срок службы.

Выводы по разделу три:

Результаты расчетов экономической эффективности показывают, что разработанная система имеет меньшую стоимость и обладает лучшими характеристиками по сравнению с аналоговыми системами.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Область применения

Действующий ГОСТ ИЕС 60079-29-1 устанавливает требования к конструкции, методам поверки, характеристикам и описывает методы испытание, применимые к оборудованию, необходимого для измерения концентраций горючих газов и паров в газовых смесях. Газоаналитическая система предназначена для применения в потенциально взрывоопасных, токсичных и отравляющих средах.[17]

Действующий стандарт устанавливает для газоанализаторов минимальные требования. Заявленные характеристики систем газового анализа и особенности их конструкции должны быть подтверждены испытаниями.

Действующий стандарт распространяется на приборы по определению газов с диапазоном измерения в пределах объемной доли, предназначенные для выдачи информации, сигнализации или других выходных сигналов прибора, которые предупреждают о потенциально опасной зоне и, если возможно, инициируют защитные действия.

Действующий стандарт распространяется на приборы со встроенными устройствами для отбора пробы, предназначенных для обеспечения безопасности на промышленном объекте.

4.2 Указания по эксплуатации

Произвести внешний осмотр изделия. Необходимо проверить:

- соответствие комплектации паспорту изделия;
- наличие этикетки на изделии;
- отсутствие признаков предельного состояния (трещин на корпусе и другим механических повреждений нарушающим работу прибора).

Эксплуатация газоанализатора с признаками предельного состояния – запрещена.

Освидетельствование устройства должно проводиться:

- перед установкой на объект;
- через один год с момента установки на объект и далее через год в пределах срока службы. [18]

Освидетельствование изделия проводится в объеме входного контроля, затем результаты заносятся в таблицу в паспорте изделия. Газоанализатор ремонту не подлежит. Использование изделия не по назначению запрещено.

Устройство приводится в работу следующим образом.

Проверка газоанализаторов производится перед каждой рабочей сменой.

4.3 Обязанности и ответственность

Эксплуатацию газоанализаторов должен осуществлять подготовленный электротехнический персонал. В зависимости от объема и сложности работ по эксплуатации электроустановок создается служба, укомплектованная соответствующих по квалификации электротехническим персоналом.

Служба должна обеспечить:

- содержание газоанализаторов в работоспособном состоянии и их эксплуатацию в соответствии с требованиями настоящих правил безопасности и других нормативно-технических документов;
- своевременное и качественное проведение технического обслуживания, и планово-предупредительного ремонта, испытаний, модернизации и реконструкции газоанализаторов и электрооборудования;
- подбор электротехнического персонала, периодические медицинские осмотры, проведение инструктажей;
- обучение электротехнического персонала и его проверку;

- надежность работы и безопасность при проведении работ с системами газового анализа;
- охрану труда персонала;
- охрану окружающей среды при проведении работ с использованием газоанализаторов и других электроустановок;
- учет, анализ и расследование нарушений в работе газоаналитического оборудования, несчастных случаев и травм, связанных с эксплуатацией приборов, и принятие мер по устранению причин их возникновения;
- представление сообщений в органы госэнергонадзора об авариях, смертельных, тяжелых и групповых несчастных случаях, связанных с эксплуатацией оборудования;
- разработку должностных и производственных инструкций;
- инструкций по охране труда для электротехнического персонала;
- комплектация оборудования защитными средствами и средствами пожаротушения, а также необходимым инструментом;
- учет, рациональное расходование электрической энергии и проведение мероприятий по энергосбережению;
- проведение необходимых испытаний систем газового анализа, эксплуатацию устройств молниезащиты, измерительных приборов и средств учета энергии;
- обеспечить своевременное и качественное выполнение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов и профилактических испытаний оборудования;
- организацию проведения расчетов потребности в электрической энергии;
- наличие и своевременность проверок и испытаний средств защиты в оборудовании, средств пожаротушения и инструмента;
- обеспечить установленный порядок допуска в эксплуатацию и подключения новых и реконструированных установок;

- организовать оперативное обслуживание оборудования и ликвидацию аварийных ситуаций;
- обеспечить проверку соответствия схем электроснабжения фактическим эксплуатационным с отметкой на них о проверке;
- пересмотр инструкций и схем;
- контроль замеров показателей качества электрической энергии;
- повышение квалификации электрохимического персонала;
- контролировать правильность допуска персонала к работам в действующих электроустановках;

За нарушения в работе газоанализаторов ответственность должны нести:

- руководитель – за невыполнение требований, предусмотренных правилами и должностными инструкциями;
- работники, непосредственно обслуживающие газоанализаторы, – за нарушения, происшедшие по их вине, а также за неправильную ликвидацию ими нарушений в работе газоанализаторов на обслуживаемом участке;
- работники, проводящие ремонт оборудования, – за нарушения в работе, вызванные низким качеством ремонта;
- руководители и специалисты энергетической службы – за нарушения в работе газоанализаторов, происшедшие по их вине, а также из-за несвоевременного и неудовлетворительного технического обслуживания и невыполнения противоаварийных мероприятий;
- руководители и специалисты технологических служб – за нарушения в эксплуатации электротехнологического оборудования.[19]

4.4 Требования к конструкции

Система газового анализа, или ее составляющие (если присутствует выносной датчик в составе системы газового анализа), которые предназначены для проведения работ в среде агрессивных газов или паров жидкостей, с

вероятностью выделения вторичных продуктов (каталитическое окисление или другие химические процессы) в процессе работы первичного измерительного преобразователя, должна быть изготовлена из материалов, стойких к коррозии.

Конструкция системы газового анализа должны быть удобна при выполнении регулярных проверок погрешности измерений.

Все материалы и компоненты в составе конструкции системы газового анализа следует использовать в соответствии с характеристиками и ограничениями, которые указаны изготовителям, или другими требованиями установленные в соответствующих стандартах безопасности.

4.5 Эксплуатационная документация

В эксплуатационной документации должен быть описаны принцип действия системы газового анализа, в том числе описание:

- процесса проведения измерения во всех режима работы;
- всех возможных специальных режимов;
- значения всех параметров и их возможная область значений;
- представление данных на устройстве вывода информации;
- всех выходных сигналов, включая сигналов тревоги;
- процесса самотестирования;
- форматов и протоколов передачи данных;
- процедур регулировки;
- проверки работоспособности перед использованием системы;
- диапазонов основных характеристик системы;
- используемых источников питания (в том числе аккумуляторы);
- влияния отравляющих веществ;
- вида и значения всех аварийных сигналов и сигналов неисправности;
- типов соединительных трубок.

4.6 Свойства сероводорода и его действие на человека

Сероводород (H_2S) представляет собой бесцветный газ с запахом тухлых яиц. Он токсичен, взрывоопасен и коррозионноактивен. Температура воспламенения газа = $245\text{ }^{\circ}C$. Плотность газа = $1,54\text{ кг/куб.м.}$, по отношению к воздуху = $1,19\text{ кг/куб.м.}$ В водянном растворе сероводород является слабой кислотой. Раствор горит синеватым пламенем с образованием воды и сернистого газа SO_2 .

Сероводород - сильный нервный яд, который может вызвать смерть от остановки дыхательного процесса. При попадании вызывает сильное раздражение слизистой глаз и дыхательных путей. При попадании водяного раствора сероводорода на кожу вызывает покраснение и экзему.

Характерных запах сероводорода появляется при концентрации $1,4-2,3\text{ мг/куб.м.}$, сильный запах при концентрации $3,9-5\text{ мг/куб.м.}$, тягостный запах при концентрации $6,9-11,2\text{ мг/куб.м.}$

При концентрации сероводорода $190-290\text{ мг/куб.м.}$, наблюдается сильное жжение глаз, раздражение слизистых оболочек зева, металлический вкус во рту, усталость, тошнота и рвота. При концентрации сероводорода свыше 700 мг/куб.м. наступает опасное для жизни отравление в течение $10-25$ минут.

При концентрации свыше 1000 мг/куб.м. смерть человека может наступить мгновенно.

Предельно допустимая концентрация сероводорода в воздухе рабочей зоны = 10 мг/куб.м. [20]

4.7 Оказание доврачебной помощи при отравлении сероводородом

Отравление сероводородом может вызвать тяжкое заболевание, результат которого зависит от скорости принятия мер.

Основными признаками отравления являются нарушения:

- сознания;
- дыхательного процесса;
- сердечной деятельности;
- пищеварительной деятельности;
- кислородного обмена головного мозга.

Ранним сигналом отравления сероводорода служат:

- недомогание;
- жжение в слизистой глаз;
- сильное покраснение белка глаз;
- светобоязнь;
- сильное раздражение горла;
- металлический вкус во рту;
- тошнота и рвота.

При отравлении газом сероводорода нужно незамедлительно вызвать скорую медицинскую помощь, при необходимости службу реанимации.

До прибытия работников медицинской службы необходимо быстро эвакуировать пострадавших из зоны, подверженной загазованности, на хорошо проветриваемое место с наличием свежего воздуха. Пострадавших нужно освободить от стесняющей одежды, удобно уложить на ровную поверхность, очистить полости рта и глотки, дать вдохнуть нашатырный спирт, напоить крепким кофе или чаем, продолжать поддерживать пострадавшего в сознании до прибытия медицинской службы. При проведении эвакуации пострадавших необходимо наличие противогазов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы была разработана информационно-измерительная система газового анализа для измерения концентрации сероводорода. Разработанная система основана на работе электрохимического сенсора, химически реагирующего на повышение уровня концентрации сероводорода в воздухе и создающий электрический сигнал в ходе этой реакции.

Анализ существующих методов газового анализа показал, что у каждого из них есть свои преимущества и недостатки. Исходя из проведенного анализа произведен выбор оптимального метода для разработки системы.

Была разработана функциональная схема газоанализатора и приведено описание работы.

В ходе работы была разработана принципиальная электрическая схема, особенностью которой является простота конструкции, возможность модификации, низкая стоимость и высокая точность.

Также разработана блок-схема процесса работы системы газоанализа.

Выполнено экономическое обоснование разработки. Рассчитаны затраты на материалы и сырье, покупные комплектующие изделия, фонд оплаты труда, отчисления на социальные нужды, амортизационные отчисления, накладные расходы. В результате расчетов сделан вывод об экономической эффективности разработки.

Разработанная система соответствует всем требованиям безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Анисимов, А.Ф. Автоматизация и средства контроля производственных процессов в нефтяной и нефтехимической промышленности. Приборы для автоматического анализа состава и свойств вещества / А.Ф.Анисимов. – М.:Москва. 1979. – 624 с.
- 2 Акмайкин, Д.А. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие/ Д. А. Акмайкин. – Владивосток: Мор.гос. ун–т, 2007. – 152с.
- 3 Джеффри, П. Анализ газов / П. Джеффри.– Изд.:Gas Analysis. 1986. – 223с.
- 4 Сыркина, П.Н. Методы газового анализа / П.Н.Сыркина. –М.:Москва. 1995. – 222с.
- 5 Шрейдер, Е.М. Спектральный анализ газовых смесей / Е.М.Шрейдер. – Гос.изд.ф.-м.литературы. 1983. – 308с.
- 6 Другов, Ю.А. Газохроматографический анализ природного газа / Ю.А.Другов. – Изд.: Бином. 2001. – 174с.
- 7 Ивановский, В.Н. Оборудование для добычи нефти и газа: учебное пособие / В.Н.Ивановский,В.И.Дарищев, В.С.Каштанов. – М.:ГУП «Нефть и газ»,2002. – 768 с.
- 8 Кулаков, М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств / М.В.Кулаков. – М., 1983.
- 9 Фомин, Г. С. Воздух. Контроль загрязнений по международным стандартам: справочник/ Г.С. Фомин, О.Н. Фомина. – М., 2002. – 422 с.
- 10 ГОСТ 17.2.3.01-87. Контроль качества воздуха: справочник-сборник. – М.: Стандартиформ, 2012. – 404 с.
- 11 МУК 4.1.3173–4.1.3180–14. Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны: сборник метод. указ.: Вып. 52. – М., 2011. – 112 с.
- 12 Козлов, М.Г. Метрологияи стандартизация: учебник/ М.Г.Козлов. –М., СПб.:Изд-во«Петербургскийин–тпечати», 2001. – 372 с.

13 Методические рекомендации по подготовке и оформлению выпускной квалификационной работы (проекта) для технических направлений подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 09.03.04 Программная инженерия, 12.03.01 Приборостроение, 23.03.01 Технология транспортных процессов / сост. Л.Н.Буйлушкина. - Нижневартовск, 2017. – 35с.

14 «Аналитприбор» ФГУП СПО (г. Смоленск). Выпускаемая продукция (Вспомогательные устройства для газоанализаторов.)// Приборостроение и средства автоматизации: энциклопедический справочник. – 2012. – 20с.

15 Ольховченко, А.Е. Газовыделение при выбросах. / А.Е.Ольховченко, Н.Е.Волошин. - К.: Техника, 1980.-113 с.

16 Груба, В.И. Технические средства автоматизации в горной промышленности / В.И.Груба, Э.К.Никулин, А.С.Оголобченко. – К., 1998, 211 с.

17 Кулаков, М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств / М.В.Кулаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 424 стр.

18 ГОСТ Р 52350.29.2–2010. Взрывоопасные среды. –М.:Изд-во стандартов, 2010. – 13 с.

19 МИ 222–80. Методика расчета метрологических характеристик измерительных каналов информационно-измерительных систем по метрологическим характеристикам компонентов. – М.:Изд-во стандартов, 1980. – 7с.

20 ГОСТ 12.2.007.0–75. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. – М.:Изд-во стандартов, 1975. – 32 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА



Рисунок А.1 – Алгоритм программы микроконтроллера

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОВОГО
АНАЛИЗА

Принципиальная электрическая схема измерительной информационной системы газового анализа представлена на рисунке Б.1.

| Поз. | Наименование | Кол | Примечание |
|-----------------------------|-------------------------------|----------|------------------------|
| <i>Конденсаторы</i> | | | |
| <i>C1,C2</i> | <i>K10-17Б 22 пФ</i> | <i>2</i> | |
| <i>C3-C8</i> | <i>K10-17А 0,1 мкФ</i> | <i>6</i> | |
| <i>C9</i> | <i>ЕСАР К50 4,7 мкФ</i> | <i>1</i> | |
| <i>Микросхемы</i> | | | |
| <i>DD1</i> | <i>RCV420</i> | <i>1</i> | <i>Преобр. сигнала</i> |
| <i>DD2</i> | <i>АТМЕГА16А</i> | <i>1</i> | <i>Микроконтроллер</i> |
| <i>DD3</i> | <i>МАХ232</i> | <i>1</i> | <i>Преобр. интерф.</i> |
| <i>Резисторы</i> | | | |
| <i>R1,R2</i> | <i>С2-33 0,25 301 Ом ± 1%</i> | | |
| <i>Разъемы</i> | | | |
| <i>XS1</i> | <i>СНЦ233-4/14</i> | <i>1</i> | <i>Цилиндрический</i> |
| <i>XS2</i> | <i>2РМ18Б3Ш1В1</i> | <i>1</i> | <i>3-х штырьковый</i> |
| <i>XS3</i> | <i>2РМ18Б2Ш1В1</i> | <i>1</i> | <i>2-х штырьковый</i> |
| <i>Резонаторы кварцевые</i> | | | |
| <i>BQ1</i> | <i>НС-49SMD 4 МГц</i> | <i>1</i> | <i>Точность 2,5%</i> |

12.03.01.2018.441 ПЗ

| Изм. | Лист | № докум. | Подпис | Дата | | | | |
|-----------|------|--------------|--------|------|-------------------------------------|--|------|--------|
| Разраб. | | Колосов А.С. | | | Разработка измерительной | Лит. | Лист | Листов |
| Провен. | | Мухомлямов | | | | В.К. | 70 | 71 |
| Н. Контр. | | Буйлушкина | | | | <i>Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Нижневартовске</i> | | |
| Утверд. | | Ялалов Д.В. | | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ В. КОМПАКТ-ДИСК

Содержание:

1. Пояснительная записка.
2. Презентация.