

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦВЕТНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Ю. В. Патрахин

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

Мировое производство газа в 2009 году составило 2 триллиона 987 миллиардов кубометров. Лидирующую позицию среди ведущих производителей газа занимает США с уровнем добычи 593,4 млрд. м³, на втором месте Россия – 527,5 млрд. м³. Третье место занимает Канада – 161,4 млрд. м³. Остальной объём общемирового добываемого газа делится среди прочих производителей Ирана, Ирака, Саудовской Аравии, Венесуэлы и др., отстающих от лидеров с большим отрывом.

По прогнозу аналитиков таких ведущих нефтегазовых компаний, как Petrochina, British Petroleum, Газпром, потребление природного газа в мире к 2020 году вырастет более чем вдвое по сравнению с 2009 годом и составит более 6 триллионов кубометров в год. При этом аналитики British Petroleum, столкнувшиеся в этом году с беспрецедентной техногенной катастрофой, предупреждают о необходимости уделять повышенное внимание мерам безопасности и экологического контроля при освоении и переработке углеводородов.

В настоящее время около 90% всего добываемого газа используется для переработки в тепло- и электроэнергию путём сжигания. Сжигание природного газа эффективно только в том случае, если производится непрерывный контроль за всеми параметрами процесса горения и работой автоматики, обеспечивающей безопасность эксплуатации котельных агрегатов, которые, в конечном итоге, связаны с контролем оптимального соотношения газ-воздух в режиме реального времени.

Горение – это сложный химический процесс быстрого окисления топлива с окислителем, сопровождающийся выделением значительного количества тепловой энергии. Предприятия топливно-энергетического комплекса, занимающиеся переработкой энергии в другой вид путём сжигания топлива с целью получения тепловой энергии, в большинстве случаев используют в качестве топлива природный газ метан CH₄ – на сегодняшний день самый дешёвый и экономичный вид топлива.

Наряду с достоинствами использования природного газа в качестве топлива, есть и ряд недостатков, а именно:

- существует процесс мгновенного окисления (взрыв), который сопровождается разрушением технологического оборудования, зданий, сооружений, нарушением хода технологического процесса, человеческими жертвами;

- при отклонении подачи газо-воздушной смеси от нормы, процесс горения сопровождается избыточным расходом газа, что повышает стоимость вырабатываемой единицы тепловой энергии, а так же выбросами в атмосферу вредных химических веществ (CO₂, NO, SO₂, H₂S, CO), которые ухудшают экологическую обстановку (таблица 1).

Таблица 1 – Состав и количество продуктов сжигания метана, в зависимости от изменения коэффициента избытка воздуха

Показатель	Коэффициент избытка воздуха, α				
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Расход воздуха, м ³ /м ³	9,52	10,47	11,42	12,38	13,33
Состав продуктов сгорания, об. %					
H ₂ O	19,11	17,43	16,10	14,95	13,96
CO ₂	11,8	10,8	9,8	8,8	7,8
O ₂	-	1,74	3,22	4,49	5,58
N ₂	71,38	72,11	72,63	73,08	73,48

Для обеспечения полного сгорания топлива, в топочное устройство подводят воздуха больше, чем теоретически необходимо. Теоретически необходимое соотношение содержания газа и воздуха равно 1 м³ к 9,52 м³. Отношение действительно поступившего количества воздуха V_д к теоретически необходимому V_о, называется коэффициентом избытка воздуха α. Коэффициент избытка воздуха α для современных котельных применяется в пределах 1,05-1,5.

Зависимость объёма воздуха в м³ от изменения коэффициента избытка воздуха α представлена на рисунке 1.

В 1859-1861 г.г. немецкие ученые Г. Кирхгоф и Р. Бунзен, доказали, что каждый химический элемент имеет свой характерный цвет пламени при сжигании. Источником из-

менения цвета в пламени являются образующиеся в процессе горения топлива углекислый газ CO_2 , водяной пар H_2O и т.д. Изменение цвета в основном зависит от состава сжигаемого топлива и коэффициента избытка воздуха.



Рисунок 1 – Зависимость объема воздуха от изменения коэффициента избытка воздуха

За процессом изменения цвета горения газо-воздушной смеси в топке котельного агрегата можно следить через глазок путем наблюдения за окраской факела. Опытный оператор со стажем работы в газовых котельных может определить текущий режим газо-воздушной смеси по следующим признакам (см. рисунок 2).

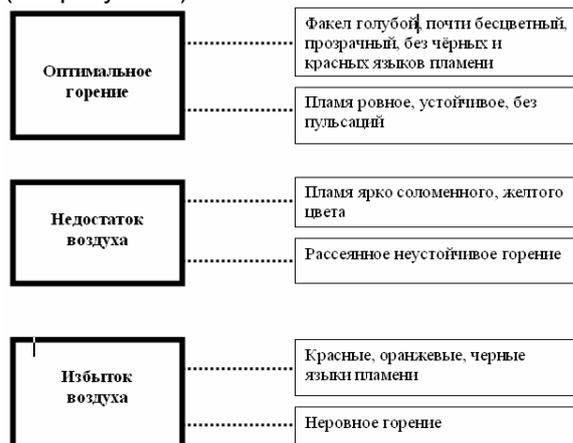


Рисунок 2 – Наиболее характерные признаки горения

Эти признаки характеризуют различные процессы горения, однако, их недостатком является субъективность выводов контролирующего лица (оператора котельной) и отсутствие автоматизации процесса контроля видимого излучения пламени.

Видимое излучение света ограничено областью от 400 до 700 нм (рисунок 3). Излучение до 400 нм и свыше 700 нм человеческим глазом не воспринимается и регистрируется специальными приборами (детекторами ультрафиолетового излучения и датчиками инфракрасного излучения).



Рисунок 3 – Видимое излучение света

Детекторы ультрафиолетового излучения и датчики инфракрасного излучения используются производителями котельного оборудования для определения наличия или отсутствия пламени в топке для обеспечения безопасной эксплуатации котельного агрегата.

Ультрафиолетовые детекторы контроля пламени применяются в газовых и нефтяных горелках. Конструкция ультрафиолетового детектора состоит из фотодатчика и электронного усилителя сигнала пламени с собственным реле. Действие ультрафиолетового детектора пламени основано на чувствительности датчика на ультрафиолетовое свечение. В этом есть свои плюсы по сравнению с аналогами- так как ультрафиолетовый элемент реагирует только на освещение в пределах спектра 190...270 нм, то инфракрасное излучение (напр. накаливаемый огнеупорный кирпич в камере сгорания), естественное и искусственное освещения прибором не регистрируются. Предполагаемый срок службы ультрафиолетовых элементов при температуре окружающей среды макс. +50 °С около 10000 часов. Во время фаз выключения горелки и предварительной продувки, ультрафиолетовый элемент автоматически проверяется путём подвергания элемента воздействию повышенного рабочего напряжения.

Для регистрации излучения в инфракрасной области факела горелки применяется способ селективного контроля пламени горелки, при котором контроль осуществляют по инфракрасному излучению продуктов сгорания природного газа.

Прибор селективного контроля пламени горелки состоит из двух составных частей – оптического датчика (ОД) и электронного блока (ЭБ) для обработки и анализа сигналов. Датчик контролирует работу горелки в выбранном интервале инфракрасного излучения с использованием частотной селекции регистрируемого сигнала.

Интервалы инфракрасного излучения выбираются в линиях излучения продуктов сгорания (например, воды – 2,7 мкм, углекислого газа – 4,3 мкм, окиси углерода – 4,7 мкм). Интервал частот выбирается на ос-

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦВЕТНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

нове экспериментальных данных. Использование излучения воды, углекислого газа и окиси углерода позволяет определить значения концентраций горючих и окислительных элементов. Датчик контролирует инфракрасное излучение пламени с помощью оптической системы, использующей тубус, диафрагмы и другие приспособления.

Данные приборы УФ и ИК излучения пламени очень неплохо зарекомендовали себя в практическом использовании, но они контролируют только наличие или отсутствие пламени и конструктивно не предназначены для определения состава газо-воздушной смеси.

Для периодической, не менее одного раза в три года, регулировки соотношения газ-воздух, газовая промышленность пользуется услугами специализированных наладочных организаций, имеющих лицензию и аккредитацию. Те, в свою очередь, добиваются наладки оптимальной работы котельных агрегатов во всех режимах путем плавного регулирования соотношения газ-воздух, контролируя при этом состав уходящих дымовых газов при помощи специального прибора-газоанализатора Testo 350, проходящего ежегодную государственную метрологическую поверку.

Testo 350 – это мощнейшая универсальная портативная измерительная система, в которой реализован электрохимический метод контроля газов.

Электрохимический метод основан на измерении параметров системы, состоящей из электролита, электродов и определяемого компонента газовой смеси или реакции его продуктов с электролитом, с помощью изменения электропроводности растворов при поглощении ими определяемого компонента газовой смеси. Предназначена для настройки котлов и горелок, состоит из управляющего модуля, анализатора и зонда отбора пробы. В измерительном блоке производится анализ газовой пробы. Газовая проба всасывается из газохода в измерительный блок, где поступает на датчики (электрохимические ячейки). Текущее содержание газов преобразуется в электрические сигналы и передается в блок индикации. Система способна определить концентрацию газов: O_2 , CO , NO , SO_2 , H_2S , CO_2 . Анализатором можно управлять через управляющий модуль или через компьютер.

Достоинствами измерительной системы являются многофункциональность и быстрота обработки информации.

Недостатком прибора являются: неудобство использования простым потребителем (работать с этим прибором может только узкий специалист, прошедший специальную подготовку); погрешность прибора при неправильном отборе пробы; инерционность; необходимость частой замены чувствительных элементов.

Однако, использование данного метода не позволяет создать полную картину качества горения ГВС, т. к. за основу настройки и наладки котельного агрегата взята последняя стадия процесса горения газо-воздушной смеси - контроль уходящих дымовых газов.

Проведение теоретического обзора существующих методов контроля качества газо-воздушной смеси позволяет сделать вывод: существующие методы и средства контроля УФ и ИК излучения пламени не позволяют вести контроль качества горения газо-воздушной смеси в режиме реального времени с высокой точностью. Контроль видимой части излучения света пламени, осуществляемый оператором, субъективен, и не автоматизирован. Из этого следует, что необходимо разработать метод контроля видимого излучения пламени, для дальнейшей автоматизации процесса контроля качества горения ГВС.

Данную задачу предполагается решить путём контроля изменения R-, G-, B- составляющих видимого излучения света пламени при помощи цветной видеокамеры, одновременно контролируя основные параметры, характеризующие качество сгорания ГВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Домасев М. В., Гнатюк С.П. Управление цветом, цветовые расчеты и измерения.-Спб.:Питер, 2009.-224 с.: ил.- (серия «Учебный курс»).
2. Дитрик П. Нефтяные компании готовятся к дальнейшим ограничениям выбросов CO_2 /OIL&GAS JOURNAL, июнь 2006, с.88-95.
3. Ахмедов Р. Б., Цирульников Л. М, Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. Л., Недра, 1984. 283 с.
4. Иссерлин Л. С. Основы сжигания газового топлива. 2-е изд. –Л.: Недра, 1987. 330 с.
5. Соколов Б.А., Фельдман Б.А. Газовое топливо и газовое оборудование: Пособие для подготовки операторов газифицированных котельных. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ГУЦ «Профессионал», 2002. - 100 с.
6. Тарасюк В. М. Эксплуатация котлов: Настольная книга для операторов котельных. - Киев: Основа, 1999.- 287 с.