

УДК 537.566

С. А. КУМАНЕВ, В. В. БУЛЫЧЕВ, И. А. ВАСИЛЕНКО

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ИОНИЗАЦИИ ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепропетровск

Проведены исследования эффекта ионизации при сжигании природного газа. Изучены влияния на величину ионизации таких факторов, как диаметра электродов зондов, конструкция электродов, точки сбора данных, соотношение топливо-окислитель. Определены основные условия для получения стабильных результатов при измерении степени ионизации факела.

В процессе сжигания топлива в факеле образуются заряженные частицы [1,2]. Их концентрация зависит от различных факторов. Для исследования возможности использования ионизации в качестве показателя качества сжигания топлива, необходимо изучить влияние таких факторов: соотношения топливо-окислитель, диаметра и конструкции электродов, точек отбора информации.

Выбор диаметра электрода для исследования ионизации пламени определялся на основании измерения проводимости пламени одноэлектродным зондом. Ввиду того, что ток, протекающий через пламя мал, то он определялся по падению напряжения на сопротивлении 3 МОм вольтметром, имеющим внутреннее сопротивление 10 МОм. Сжигание топлива проводилось без принудительной подачи окислителя. В качестве зонда использовались электроды из нержавеющей стали.

Результаты исследований диаметра электродов представлены на рис. 1.

Анализ полученных результатов показывает, что зависимость протекающего тока через пламя факела от приложенного напряжения является близкой к линейной и угол наклона вольтамперной характеристики пламени не зависит от диаметра электрода. Однако при постоянном приложенном напряжении с увеличением диаметра электрода зонда ток возрастает в связи с увеличением площади поверхности зонда. В связи с этим в дальнейшем желательно использовать электрод с максимально большим диаметром электрода, не вносящим воз-

мущений в пламя.

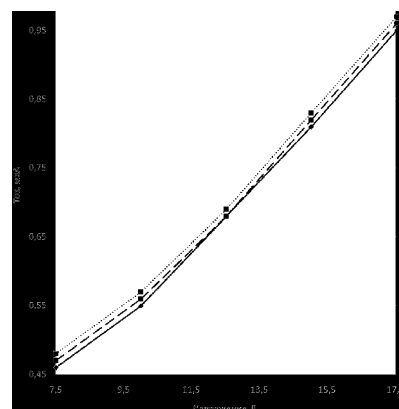


Рис. 1. Зависимость тока через пламя от приложенного напряжения: 1 — диаметр зонда 1,0 мм; 2 — диаметр зонда 2,0 мм; 3 — диаметр зонда 3,0 мм

Влияние точек отбора информации определялось с помощью одно и двухэлектродного зондов с электродами из нержавеющей стали. Формы испытываемых электродов приведены на рис. 2.

На рис. 3 приведена вольтамперная характеристика проводимости пламени факела при измерении двухэлектродным зондом для различных расстояний между электродами (2,0; 4,0 и 6,0 мм) на оси пламени. Можно сделать вывод, что при увеличении расстояния между электродами ток

уменьшается.

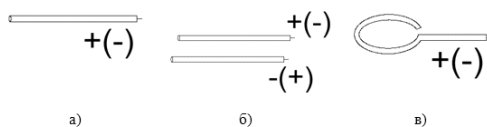


Рис. 2. Конструкции зондов: а — одноэлектродный простой зонд; б — двухэлектродный зонд; в — одноэлектродный зонд

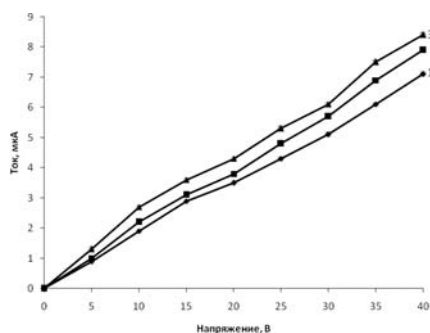


Рис. 3. Вольтамперная характеристика пламени при измерении двухэлектродным зондом: 1 — расстояние между зондами 6 мм; 2 — расстояние между зондами 4 мм; 3 — расстояние между зондами 2 мм

Также было проведено измерение ЭДС по высоте факела для одноэлектродного зонда. Результаты измерений приведены на рис. 4. Высота выражена относительной величиной $H_{отн}$, равной отношению измеряемой высоты к видимой высоте пламени.

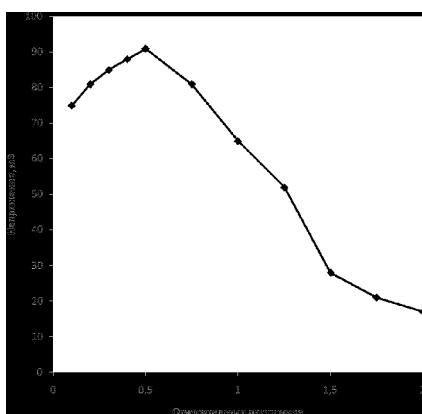


Рис. 4. Зависимость изменения ЭДС по высоте факела

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать следующие выводы:

а) на расстоянии, большем половины видимого пламени, проводимость по высоте пламени практически не меняется;

б) форма электрода оказывает существенное влияние на степень увеличения проводимости.

Из приведенного выше следует, что для получения стабильных значений проходящего через

пламя тока необходимо использовать одноэлектродный простой зонд и устанавливать его на оси пламени на расстоянии до половины видимого факела.

Из литературных источников [1–3] известно, что при сжигании топлива ионизационные процессы в пламени проявляются с различной степенью в зависимости от интенсивности протекания реакции горения, которая в свою очередь зависит от количества окислителя в зоне горения топлива. В связи с этим была произведена оценка влияния соотношения газ-воздух на степень ионизации пламени.

При проведении исследований осуществлялось изменение соотношения топливо/окислитель и производился контроль степени ионизации пламени путем измерения его ЭДС.

Коэффициент соотношения определялся расчетным путем по формуле:

$$\alpha = \frac{Q_B}{Q_G} \cdot L,$$

где α — коэффициент соотношения топливо-воздух; Q_B , Q_G — соответственно расход воздуха и газа, $m^3/ч$; L — теоретический расход воздуха.

По осредненным результатам измерений построен график зависимости степени ионизации пламени от соотношения топливо/окислитель, приведенный на рис. 5.

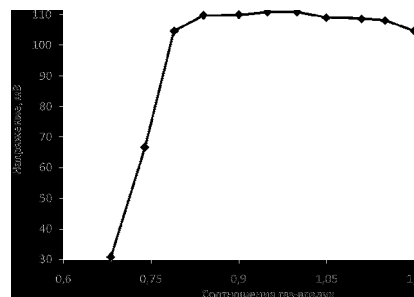


Рис. 5. Зависимость значения ЭДС факела от коэффициента расхода воздуха

Анализ результатов исследований показал наличие максимума степени ионизации пламени при достижении соотношения топлива/окислитель близких 1.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Исследование влияния диаметра и конструкций электродов на показания ионизации пламени показали, что для получения стабильных значений проходящего через пламя тока необходимо использовать одноэлектродный простой зонд.

2. Исследование влияния точек отбора информации показали, что наилучшим местом замера ионного тока пламени является ось пламени на расстоянии до половины видимого факела

3. Исследования зависимости степени иони-

зации пламени от соотношения топливо/окислитель показали, что максимальный выходной сигнал устройства контроля степени ионизации пламени соответствует оптимальному коэффициенту расхода воздуха, обеспечивающему полное сжигание топлива с минимальным избытком воздуха. Следовательно, максимальная степень ионизации пламени, соответствующая максимуму выходного сигнала устройства является критерием оптимального сжигания топлива.

4. Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании систем контроля и автоматического управления оптимальным сжиганием газообразного топлива в нагревательных агрегатах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Теория топочных процессов* / Под ред. Г.Ф. Кнорре, И.И. Палеева. М.: Энергия, 1966. — 342 с.
2. *Степанов Е.М., Дьячков Б.Г.* Ионизация в пламени и электрическое поле. — М.: Metallurgy, 1968. — 312 с.
3. *Лаутон Дж., Вайнберг Ф.* Электрические аспекты горения. — М.: Энергия, 1976. — 296 с.

Поступила в редакцию 29.12.2011