

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В ИННОВАЦИОННОЙ ВИХРЕВОЙ ГОРЕЛКЕ

Бижанов Данияр Аскарлович

arpabekov_m@mail.ru

Магистрант кафедры «ОПД и ЭТ» ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Научный руководитель - М.И.Арпабеков

Как уже отмечалось в работе [1] основным недостатком конвективной сушки зерна является загрязнения зерновых культур продуктами сгорания топлива. Основные токсичные соединения при сжигании органического топлива: окись углерода, бензапирен, оксиды азота и серы. Образование и накопление канцерогенных веществ в зерне при сушке зависит от целого ряда факторов, в том числе от конструктивных особенностей сушилки, технологической схемы и режимов сушки, видов сжигаемого топлива, конструкции горелки, физико-химических свойств высушиваемого зерна. А образование вредных веществ напрямую зависит от конструкции горелки и вида сжигаемого топлива. Поэтому актуальным является внедрение новых горелок, для устранения вышеприведенных недостатков существующих устройств. Одним из решений этой проблемы является предлагаемые вихревые горелки.

В данной статье излагаются результаты экспериментального исследования эмиссии вредных выбросов при сжигании ВМЭ в инновационной вихревой горелке.

Описание экспериментальной установки

Экспериментальный стенд сконструирован на основе Инновационного патента Республики Казахстан № 20836 (2008 г.) профессора Баубек А.А. [2]. Принципиальная схема экспериментальной установки по сжиганию ВМЭ показана на рисунке 1. Установка состоит из двух частей: первая часть топливо подготовки (окружена пунктирной линией) и вторая вихревая горелка.

Часть топливо-подготовки включает 6, 7, 8, 9 – вентили; 11 – насос подачи топлива в диспергатор; 12 – диспергатор; 13 – бак готового топлива; 14 – электрический нагреватель. В часть вихревой горелки – 10 – насос подачи топлива в предтопку; 1 – вихревая предтопка; 2 – вентилятор для подачи воздуха; 3 – регулятор расхода растопочного топлива; 4 – бак растопочного топлива; 15 – патрубок для отвода дымовых газов.

Процесс подготовки топлива

Мазут и вода добавляются в бак 13. В баке 13 водомазутная смесь нагревается электрическим нагревателем, расположенным внутри бака 13 (рисунок 1).

Для подготовки ВМЭ открываются вентили 8 и 9. Включается насос подачи смеси в диспергатор 11 и собственно сам диспергатор. Смесь воды и мазута, проходя через диспергатор, гомогенизируется и получается готовая ВМЭ. При циркуляции по этому циклу ВМЭ прогревается и гомогенизируется.

После подготовки и подогрева эмульсии прогревается труба для подачи топлива в горелку. Для этого отключается насос 11 и закрывается вентиль 9. Далее открываются вентили 6, 7 и включая насос 10 прогревается труба подачи топлива.

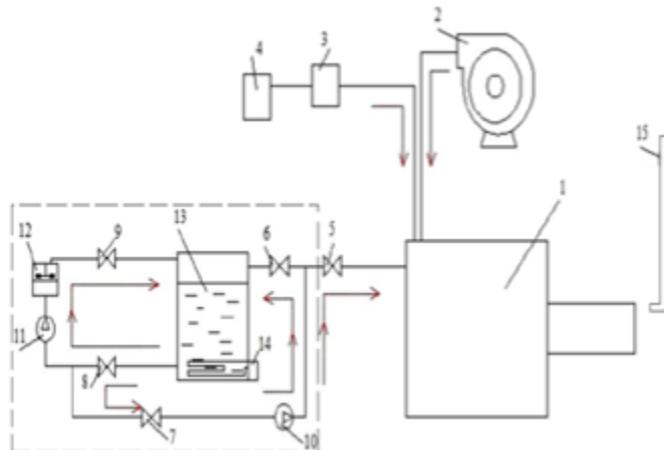
После подогрева топлива до 80°C и прогрева трубопровода отключается насос подачи ВМЭ 10, закрывается вентиль 6.

Далее открывается вентиль 5, включается регулятор скорости и запускается вентилятор 2. Для розжига применяется растопочное топливо – дизельное топливо.

И наконец, запустив насос подачи топлива 5, подается топливо через форсунку и ВМЭ горит.

В качестве топлива использовался мазут марки М100 с $W^P=3\%$. Эксперимент проводился пятикратно с различными концентрациями воды 5%, 10%, 15% и 20% в ВМЭ и

сжиганием чистого мазута (3% влаги в самом мазуте). Для определения влияния концентрации воды в ВМЭ на эмиссию вредных веществ измерялось содержание NO, NO₂, SO₂ и CO в дымовых газах на патрубке 15 с газоанализатором ДАГ-500 (производства Нижний Новгород, Россия). Для определения температуры в вихревой камере сгорания использовался термоэлектрический преобразователь типа ТВР (вольфрам - рений) с диапазоном измерения до 2200 0С в комплекте с показывающим универсальным вторичным измерительным прибором ТРМ 201 производства Россия.



1 – вихревая предтопка; 2 – вентилятор; 3 – регулятор расхода растопочного топлива; 4 – бак растопочного топлива; 5, 6, 7, 8, 9 – вентили; 10 – насос подачи топлива в предтопку; 11 – насос подачи топлива а диспергатор; 12 – диспергатор; 13 – бак готового топлива; 14 – электрический нагреватель, 15 – патрубок для отвода продуктов сгорания.

Рисунок 1 - Принципиальная схема горелочного устройства.

Результаты эксперимента

Результаты исследования показали, что процессы горения при сжигании ВМЭ с различными концентрациями воды и необводненного мазута отличаются по качеству горения и по количеству вредных выбросов. Результаты измерений показаны ниже на рисунках 2-5. Выбросы NO и NO₂ переведены NO_x.

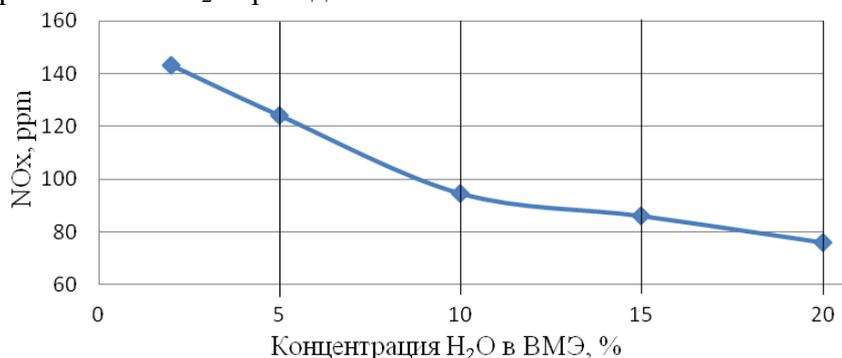


Рисунок 2 - Эмиссия NO_x в зависимости от концентрации воды в ВМЭ

Как показана на рисунке 2 содержание оксидов азота в дымовых газах уменьшается от 143 ppm до 76 ppm с ростом концентрации воды в ВМЭ. При этом доля NO₂ увеличилась до

$$\frac{NO_2}{NO} = 0,31 \quad , \text{ против } \frac{NO_2}{NO} = 0,15 \quad \text{при сжигании мазута.}$$

Уменьшение содержания оксида серы SO_2 в дымовых газах проиллюстрировано на рисунке 3. Сернистый ангидрид при сжигании мазута (с содержанием серы $S^p=2,4\%$) составил 253 ppm, а при горении ВМЭ с H_2O 20% составил 129 ppm.

Концентрация угарного газа тоже снизилась от 78 ppm до 26 ppm (рисунок 4). На рисунке 5 показана температура в камере сгорания инновационной вихревой горелки. Как видно из графика с повышением концентрации воды в эмульсии температура горения снижается.

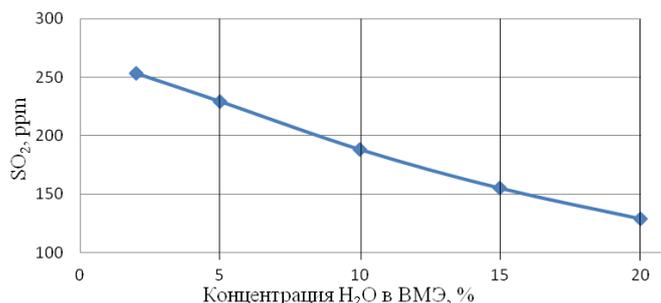


Рисунок 3 - Эмиссия SO_2 в зависимости от концентрации воды в ВМЭ

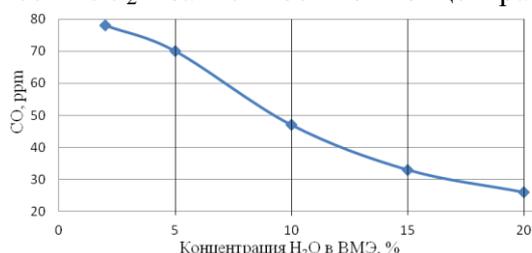


Рисунок 4 - Эмиссия CO в зависимости от концентрации воды в ВМЭ

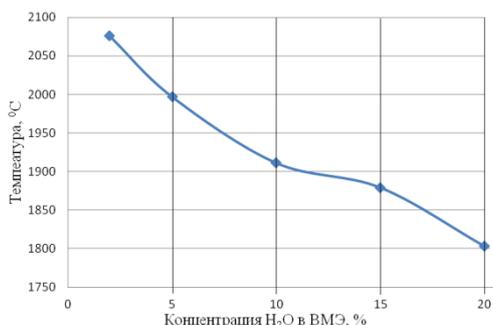


Рисунок 5 - Температура в камере сгорания в зависимости от состава эмульсии

Снижение эмиссии вредных выбросов обусловлено общим уменьшением температуры в зоне горения и более равномерным распределением окислителя и топлива по объему факела вследствие вихревого движения в камере сгорания, а также в результате «микровзрывов» в нем.

Главной причиной уменьшения в частности NO_x является падение температурного уровня и равномерное распределения окислителя и топлива в камере сгорания. Концентрация сернистого ангидрида SO_2 снижается с повышением H_2O в эмульсии за счет перехода части ангидрида в аэрозоли серной кислоты H_2SO_4 , которые могут улавливаться электрофильтрами. Специфическое вихревое движение топлива в камере сгорания обеспечивает более длительное пребывание топлива в зоне горения. По этой причине концентрации CO тоже уменьшаются. Для сравнения при сжигании мазута в традиционной механической форсунке содержания CO дымовых газов составляет 200 ppm и высшее.

Полученные данные при измерении сжигания ВМЭ согласуются с опубликованными литературными данными [3-5].

В заключение необходимо отметить, что создание вынужденного вихревого движения топлива воздушной среды позволяет эффективно сжигать ВМЭ с высоким содержанием влаги, достигающей значений 20 %. Эффект достигается за счет высоких угловых скоростей потока и как следствие повышенной степени смесеобразования (рисунок 6).



Рисунок 6 - Горение ВМЭ с содержанием 20 % влаги

Выводы

1. Сжигания мазута в виде водомазутной эмульсии в инновационной вихревой горелке снижает эмиссию вредных веществ в атмосферу.
2. При горении водомазутной эмульсии увеличивается доля NO_2 в оксидах азота.
3. При сжигании водомазутной эмульсии в инновационной вихревой горелке концентрация продуктов неполного сгорания снижается.
4. Инновационная вихревая горелка является наиболее эффективным устройством для сжигания ВМЭ.

Список использованной источников

1. Баубек А.А., Жумагулов М.Г., Картджанов Н.Р. Экологическая безопасность сушки зерна // Сборник докладов XVIII международной научно-практической конференции «Академическая наука - проблемы и достижения». – Норз Чарльтон, США, – 2019, С.44-50.
2. Пат. 20836 (РК). Республика Казахстан. – Устройство для сжигания углеводородного топлива «Дауыл». / Баубек М.А., Баубек А.А.; опубл. 16.02.2009, Бюл. № 2. – 3 с. Заявка № 2007/0915.1 от 03.07.2007
3. Кормилицын В.И. Оптимизация технологических методов подавления оксида азота при сжигании топлива в паровых котлах // Теплоэнергетика. – 1989. – № 3. – С. 15 - 18.
4. Корягин В.А. Сжигание водотопливных водотопливных эмульсий и снижение вредных выбросов. – С-Пб.: Недра, 1995. - 367 с.
5. Кормилицын В.И., Лысков М.Г., Румынский А.А. Комплексная экосовместимая технология сжигания водомазутной эмульсии и природного газа с добавками сбросных вод // Теплоэнергетика. - 1996. - № 9. - С. 13-17.