

УДК 662.933.1; 662.612.321/322

Ю.О. Афанасьев, П.Т. Петрик, Г.С. Козлова, В.Н.Кочетков

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГРАВИТАЦИОННО-РЕЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ВИХРЕВОЙ ТОПКИ

Гравитационно-рециркуляционную вихревую топку (ГРВТ) циклонного типа предполагается использовать для сжигания топлива и обработки материалов, которые трудно сжечь или трудно обработать с высоким КПД обычными способами; среди них овощные отбросы, угли с высоким содержанием золы, некоторые минеральные руды и т.п.

ГРВТ циклонного типа может иметь три и более ступеней сжигания, причем первая ступень работает как газификатор (при относительно низких температурах с удалением шлака из первой ступени), а во второй и последующих ступенях топки газы и мелкодисперсная фракция сжигаются с подводом подогретого воздуха. Длительное время пребывания и интенсивное перемешивание топлива и окислителя позволяет добиться полного сгорания топлива при малом избытке воздуха. Подвод вторичного подогретого воздуха в третью ступень ГРВТ исключит образование бедных кислородом областей и позволит получить области рециркуляции топлива для улучшения стабилизации пламени.

По результатам экспериментальных данных, полученных в изотермических условиях на лабораторном образце ГРВТ [7], где были выявлены оптимальные аэродинамические режимы работы, и по рекомендациям [1, 4, 6] была разработана пилотная полупромышленная гравитационно-рециркуляционная вихревая топка циклонного типа.

Процесс горения в циклонных камерах, как и в других топках, искажает гидродинамическую обстановку движения потоков пыли. Однако результаты подобных исследований гидродинамики течения в циклон-

ной камере сгорания показывают, что структура течения в циклоне в изотермических условиях и при горении обладает определенным подобием [2-4], и, как правило, результаты, полученные в изотермических условиях, можно с достаточной точностью переносить на те случаи, когда имеет место горение топлива [5-6]. Поэтому была предусмотрена регулировка угла закрутки потока вторично-го воздуха V_2 в третьей ступени пилотной ГРВТ. Кроме трех ступеней циркуляции пилотная установка также содержит и четвертую ступень для окончательного дожигания, улавливания и отвода легкой золы в бункер.

Схема пилотной установки ГРВТ представлена на рис.1. В первую ступень топки по четырем тангенциальным каналам

через общий канал 4 поступает мелкодисперсное топливо и первичный воздух V_1 . В канале 4 происходит перемешивание топлива и воздуха, и смесь через нерегулируемые тангенциальные каналы поступает в первую ступень. В первой ступени установлена горелка 13, работающая на жидким или газообразном топливе и служащая для подсветки и начального нагрева смеси до температуры воспламенения. Затем частицы топлива и окислителя поступают во вторую ступень ГРВТ, где образуют центральную рециркуляционную зону. В случае твердых топлив температуры в топке могут достигать порядка 1700К [1,5], так что стенки покрываются жидким шлаком, в который включены твердые частицы топлива. При работе циклона в закрученном потоке

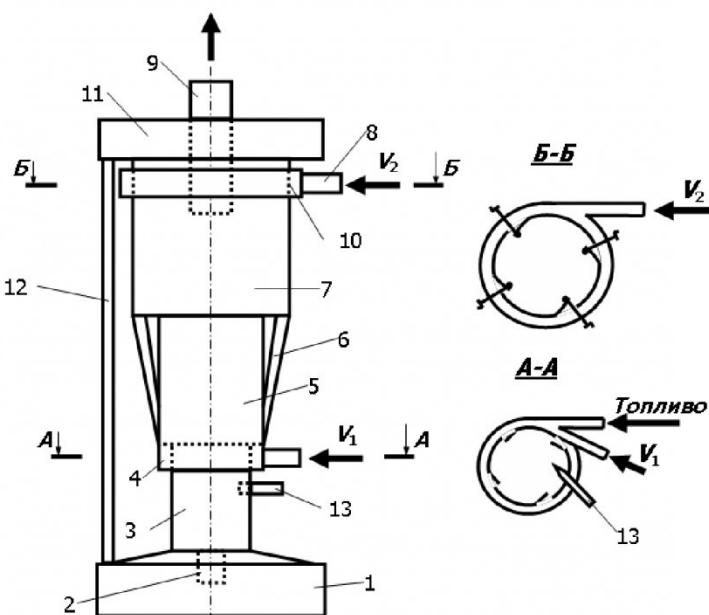


Рис.1. Эскиз установки ГРВТ:

1 – бункер для шлака и золы; 2 – труба для отвода жидкого шлака; 3 – первая ступень; 4 – канал подвода первичного воздуха и топлива; 5 – вторая ступень; 6 – каналы рециркуляции; 7 – третья ступень; 8 – канал подвода вторичного воздуха; 9 – выхлопная труба; 10 – заслонки, регулирующие угол закрутки воздуха; 11 – четвертая ступень; 12 – каналы отвода золы; 13 – газовая

происходит разделение твердых частиц и шлака (золы), удаление их зависит от режима работы топки. В случае твердых топлив с высоким содержанием летучих веществ необходимо обеспечить в объеме топки наличие зон рециркуляции и повышенный уровень интенсивности турбулентности. Это обеспечивается подводом подогретого вторичного воздуха V_2 в третью ступень ГРВТ.

Ввод вторичного воздуха в третью ступень установки оказывает дополнительное подкручивающее действие на частицы топлива. Благодаря ему устойчивые зоны рециркуляции возникают при значительно меньших расходах воздуха, а изменение расхода и параметра закрутки вторичного воздуха с помощью заслонок позволит отрегулировать оптимальный режим горения.

В общем случае, когда топка содержит четыре ступени, движение смеси топлива и окислителя происходит ступенчато. Первая ступень работает при относительно низких температурах для воспламенения топлива. Во второй ступени происходит основное горение, газификация и удаление основного шлака из топки. Третья сту-

пень служит для догорания летучих веществ и мелкой фракции топлива. Четвертая ступень топки служит для улавливания мелкой золы и удаления её в бункер 1 через каналы отвода золы 12.

Согласно [1], наибольшую эффективность закручивания имеют циклонные топки с размерами:

$$\frac{L}{D_o} \leq 1,5; n = 2 \div 4;$$

$$\frac{D_e}{D_o} = 0,4 - 0,65;$$

$$\frac{A_m}{A_o} = 0,1 - 0,3, \quad (1)$$

где L – длина циклонной камеры, D_o – диаметр циклонной камеры, D_e – диаметр выхлопной трубы, n – количество тангенциальных каналов ввода воздуха, A_m – площадь поперечного сечения тангенциального канала ввода, A_o – площадь поперечного сечения циклонной камеры.

Тангенциальный подвод вторичного воздуха производится через специальный теплообменник типа «труба в трубе», служащий для нагрева воздуха до температуры 300–350°C.

Опыты по исследованию гидродинамики в изотермических условиях позволили определить скорости вторичного воздуха через верхние тангенциальные каналы. При скорости воздуха 7,2–13 м/с наблюдалось устойчивое циркулирование топлива в области второй и третьей ступени. По этим данным определили общий расход воздуха в пилотной установке.

Исходя из рекомендаций (1) и результатов вышеупомянутых опытов, были подобраны и рассчитаны основные геометрические размеры и параметры топки, при соблюдении которых теоретическая тепловая мощность топки на топливе с размером частиц от 50 до 1000 мкм при избытке воздуха $\alpha = 1,1$ составит около 150 Мкал·час.

По приведенным выше результатам исследований и расчетов, с целью дальнейшего изучения процессов, происходящих при горении топлива в таких установках, был выполнен проект и создана пилотная гравитационно-рециркуляционная вихревая топка (ГРВТ) циклонного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гупта А.К., Лили Д.Г., Сайред Н. Закрученные потоки. – М.: Мир, 1987. 590 с.
- Schmidt K.R. V.D.J. – Berichte. 146. p90. 1970.
- Балуев Е.Д., Тоянкин Ю.В. Исследование аэродинамической структуры газового потока в циклонной камере // Теплоэнергетика. 1967. №2. с.63.
- Кацнельсон Б.Д., Богданов Л.А. Аэродинамические характеристики вертикальной циклонной топки с верхним выводом газа // Теплоэнергетика. 1970. №4. с.54.
- Калишевский Л.Л., Ганчев Б.Г. Исследование процесса горения в горизонтальной циклонной топке с жидким шлакоудалением // Теплоэнергетика. 1965. №6. с.75.
- Мансуров В.И., Кураев Ю.Ф., Маршак Ю.Л., Сучков С.И. Исследование сжигания бурых углей в вертикальных циклонных предтопках с тангенциальным вводом топлива и воздуха // Теплоэнергетика. 1970. №10. с.37.
- Афанасьев Ю.О., Петрик П.Т., Пермякова Г.С., Устянцев В.В. Исследование гидродинамики гравитационно-рециркуляционной вихревой топки // Вестн. КузГТУ. 2006. № 2. С. 62 -65 .

□ Авторы статьи:

Афанасьев Юрий Олегович – канд. техн. наук, доц. каф. «Процессы, машины и аппараты химических производств».	Петрик Павел Трофимович – докт. техн. наук, проф., зав. каф. «Процессы, ма- шины и аппараты химиче- ских производств».	Козлова Галина Сергеевна – ст. преп. каф. «Процес- сы, машины и аппараты химических производств».	Кочетков Валерий Николаевич – канд. техн. наук, замес- титель директора Кеме- ровского научного центра.
--	---	---	---