

УДК 621

## ПАРОУГЛЕКИСЛОТНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ КАМЕННОГО УГЛЯ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Беседин Д.С. ТЭБ-191 3 курс

Сезонов П.С. ТЭБ-191 3 курс

Шевырёв С.А. к.т.н., доцент кафедры теплоэнергетики  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева»  
г. Кемерово

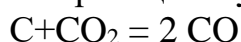
В настоящее время запасы угля во много раз превышают запасы газообразных и жидких углеводородов. Это позволяет рассматривать твердое топливо в качестве основного сырья для энергетической и химической промышленности в случае сокращения добычи газообразного и жидкого топлива.

Одним из перспективных способов использования каменного угля является термохимическая конверсия (газификация).

Газификация – это получение синтез-газа из твердого топлива при высокотемпературном нагреве с использованием различных газифицирующих агентов, например, водяного пара, воздуха, кислорода.

С помощью газификации можно получить СО и Н<sub>2</sub>, которые являются исходным сырьем для различных химических производств. Однако наиболее перспективным газифицирующим агентом является использование только перегретого пара, который также является и теплоносителем.

Кроме того, существенно важным является исследование возможности использования добавки СО<sub>2</sub> к водяному пару с целью повышения содержания СО в получаемом газе при протекании реакции Будуара:



Цель данной работы – Исследование свойств и характеристик угля, а также проведение экспериментальных исследований по их пароуглекислотной газификации в кипящем слое.

Задача – провести экспериментальные исследования пароуглекислотной газификации угля марки «Д» в кипящем слое, и также проанализировать их.

Эксперименты по пароуглекислотной газификации проводились с использованием каменного угля марки «Д». Для отсева частиц использовались сита 0,63; 1 мм и отбиралась соответствующая фракция. Технический анализ исследуемого угля [2-4] представлен в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики угля марки «Д»

Марка угля	A <sup>a</sup> , %	W <sup>a</sup> , %	V <sup>a</sup> , %
«Д»	3,27	5,6	43,72

Исследования по пароуглекислотной газификации проводились на экспериментальной установке (рисунок 1).

Пар из парогенератора 1 поступает в пароперегреватель, где также подается  $\text{CO}_2$  (схема подачи  $\text{CO}_2$  представлена на Рис.2), где смешивается с высокотемпературным паром, полученным при горении стехиометрической кислородно-водородной смеси.

Далее перегретый водяной пар поступает в газогенератор 2, в котором создается псевдоожиженный слой и проходит процесс газификации. Затем синтез-газ поступает в холодильник 6, после через гидрозатвор и фильтр грубой очистки следует одновременно в перистальтический насос 8 и в барабанный счетчик 7.

Перистальтический насос подает газ через фильтр тонкой очистки в поточный газоанализатор 9. В газоанализаторе происходит измерение концентрации компонентов  $\text{H}_2$  до 100%,  $\text{CO}$  до 50%,  $\text{O}_2$  до 21%,  $\text{CO}_2$  до 100%,  $\text{CH}_4$  до 20% с погрешностью измерений не более 5%.

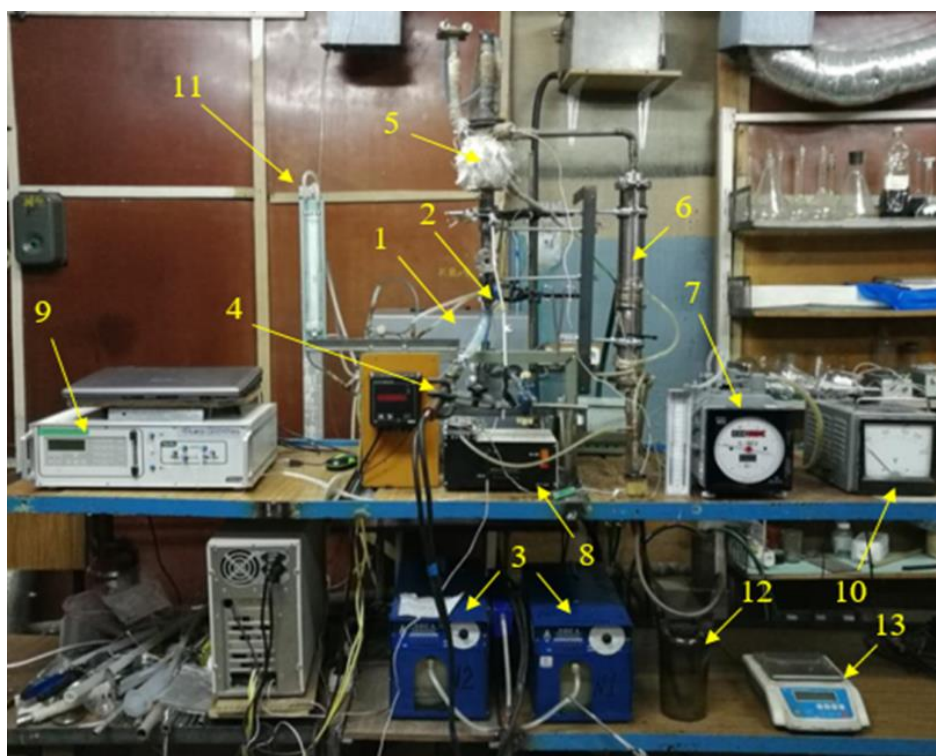


Рис. 1 Схема экспериментальной установки

- 1 – парогенератор; 2 – пароперегреватель; 3 – электролизная установка;
- 4 – горелка; 5 – газогенератор; 6 – холодильник; 7 – ГСБ WS-1;
- 8 – перистальтический насос; 9 – поточный газоанализатор;
- 10 – трансформатор; 11 – U-образный манометр;
- 12 – емкость сбора конденсата;
- 13 – весы для навески материалов;

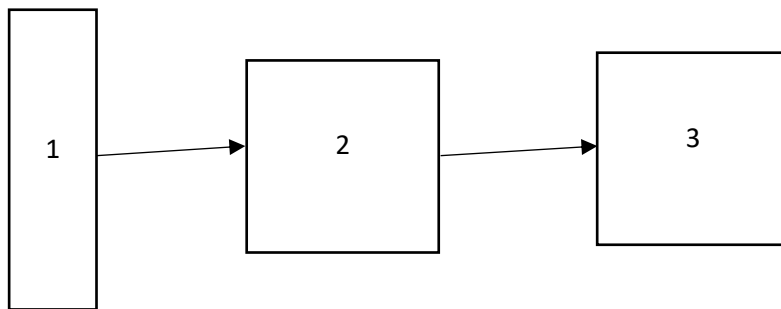


Рис. 2 Схема подачи  $\text{CO}_2$   
1 – баллон с  $\text{CO}_2$ ; 2 – перистальтический насос; 3 – установка

На рисунках 3 и 4 показаны характерные виды процесса образования компонентов синтез-газа от времени.

После заброса топлива в газогенератор можно отметить наличие двух характерных режимов – нестационарного режима, в котором концентрации компонентов синтез-газа значительно изменялись во времени ( $\tau = 100\text{-}300$  сек.) и стационарного режима, где изменение концентрации компонентов синтез-газа незначительно ( $\tau = 500\text{-}1300$  сек.).

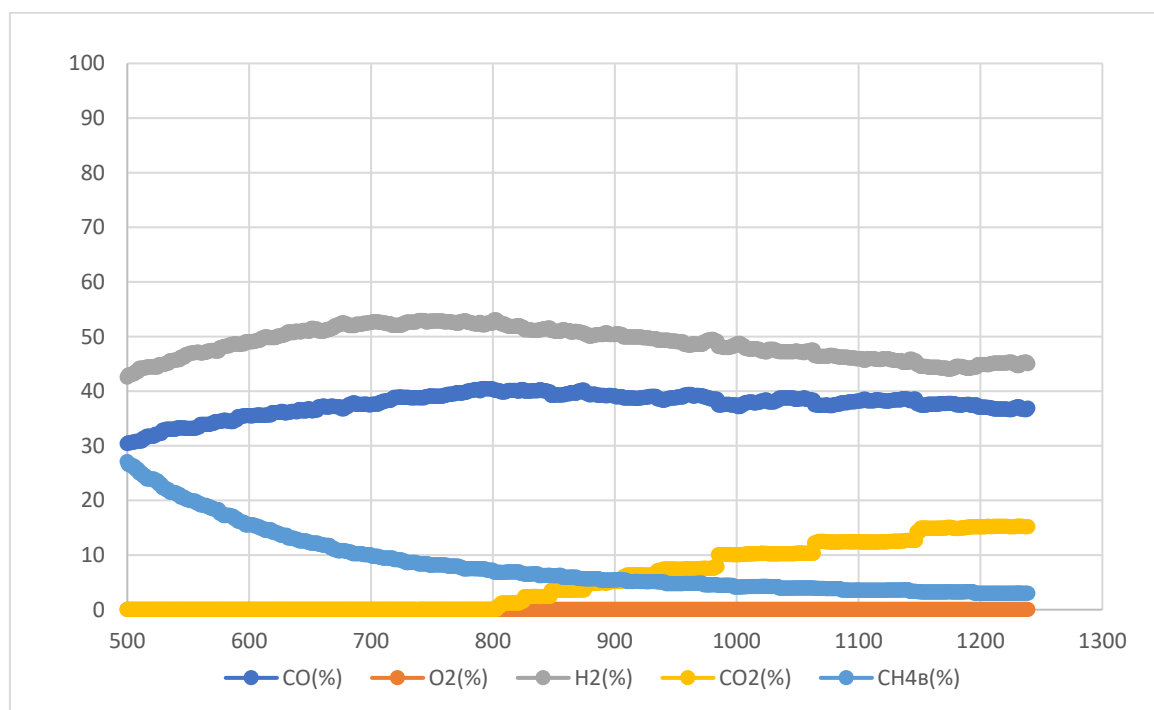


Рис. 3. Зависимость процентного содержания газов  $V$  от времени  $\tau$  при температуре  $750^\circ\text{C}$  с добавлением  $\text{CO}_2$

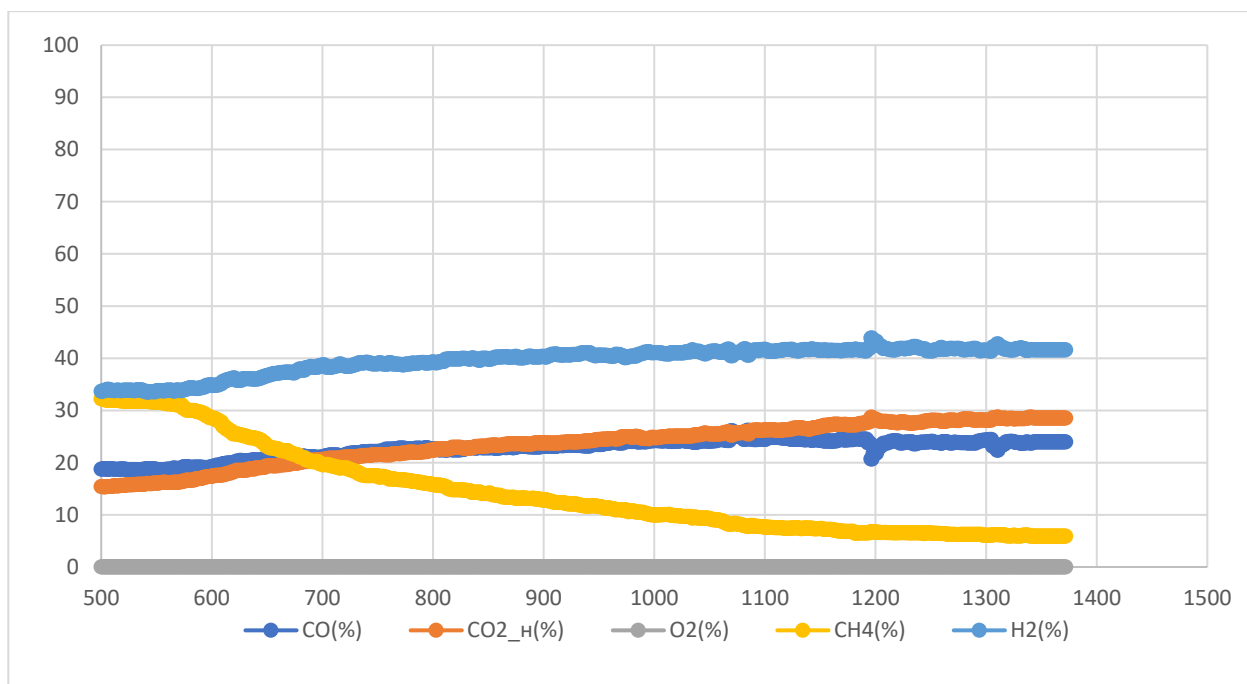


Рис. 4. Зависимость процентного содержания газов  $V$  от времени  $\tau$  при температуре 750°C

Таблица 2. Результаты состава синтез-газа для при различной температуре

Компонент	Температура перегретого водяного пара $T_l$ , °C					
	Расход перегретого пара при соответствующей температуре $V$ , 80 л/мин					
	Расход CO <sub>2</sub> 150 мл/мин					
	750		850		950	
	с CO <sub>2</sub>	без CO <sub>2</sub>	с CO <sub>2</sub>	без CO <sub>2</sub>	с CO <sub>2</sub>	без CO <sub>2</sub>
H <sub>2</sub>	44,8	43,2	45,9	40	37,5	35,2
CO	37,6	21,7	39,3	28,4	36,5	29,6
CO <sub>2</sub>	12,2	28,2	13,2	26,6	17,4	31
CH <sub>4</sub>	3,2	6,6	2	4,9	4,6	4,9

O <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
----------------	---	---	---	---	---	---

Представленные результаты экспериментальных исследований по составу синтез-газа (таблица 2) можно сравнить с паровой бескислородной газификацией.

По данным таблицы 2 можно отметить, что с добавлением CO<sub>2</sub> концентрация H<sub>2</sub> в составе газа по сравнению с паровой газификацией практически не меняется, а концентрация CO увеличилась на 7-16%, также концентрация CO<sub>2</sub> уменьшилась на 14%.

Выводы:

В результате исследований была определена зависимость состава синтез-газа от температуры. Установлено, что при пароуглекислотной газификации каменного угля марки «Д» можно влиять на соотношение H<sub>2</sub>/CO, которое в проведенных исследованиях составило 2,4 до 3.

#### Список литературы

1. ГОСТ 2093-82. Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава. – Взамен ГОСТ 2093-77; введ. 2001-01-07. – М.: ИПИ Издательство стандартов, 2001. – 20 с.
2. ГОСТ Р 52911-2013. Топливо твердое минеральное. Определение общей влаги. – Взамен ГОСТ Р 52911-2008; введ. 2015.01.01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 14 с.
3. ГОСТ Р 55660-2013. Топливо твердое минеральное. Определение выхода летучих веществ. – Введ. 2015.01.01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 16 с.
4. ГОСТ Р 55661-2013. Топливо твердое минеральное. Определение зольности. – Введ. 2015.01.01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 12 с.