

**III Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

124-1

12-14 ноября 2020 года

УДК 662.7:662.763:662.765:621.311.22

С.К.ЯКУТИН, студент (КузГТУ)

Н.Е.МАЖЕЙКО, студент (КузГТУ)

Научный руководитель С.А.ШЕВЫРЁВ, к.т.н., доцент (КузГТУ)

г. Кемерово

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ НА
ХОЛОДНОЙ МОДЕЛИ ГАЗОГЕНЕРАТОРА**

Паровая бескислородная газификация является одним из привлекательных способов глубокой переработки угля и различного твердого топлива [1]. Значительный интерес с точки зрения тепломассообмена представляет процесс паровой газификации в кипящем слое [2]. Для его создания в газогенераторе необходимо знать характеристики газифицируемого материала и газифицирующего агента.

Для наиболее точного и достоверного прогнозирования процесса газификации в газогенераторе в кипящем слое можно провести экспериментальные исследования на холодной модели газогенератора (рис. 1).

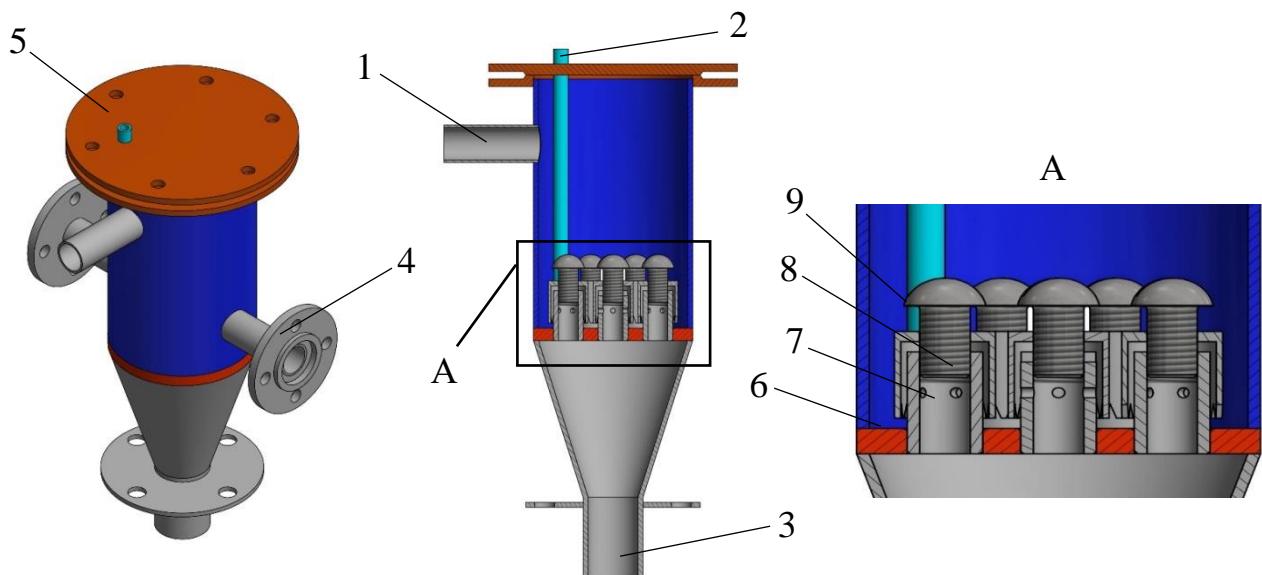


Рис.1. Газогенератор

1 – выход газа; 2 – трубка для термопары; 3 – вход пара; 4 – смотровое
окошко; 5 – крышка; 6 – колпачковая тарелка; 7 – стакан; 8 – отверстие для
выхода пара; 9 – колпачок.

III Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

124-2

12-14 ноября 2020 года

Для этого в газогенератор при атмосферном давлении подается определённое количество воздуха. При этом визуально наблюдается процесс псевдоожижения. В процессе экспериментальных исследований фиксируется расход воздуха. По известному расходу воздуха производится пересчет с целью определения характеристик перегретого пара, который будет поступать в газогенератор, по формуле:

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}, \quad (1)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления; ρ – плотность среды; ω – скорость движения среды.

Сопротивление колпачковой тарелки совместно со слоем исследуемого материала одинаково как для воздуха, так и для пара. Следовательно, представим формулу (1) в следующем виде

$$\begin{aligned} \xi \frac{\rho_{возд} \cdot \omega_{возд}^2}{2} &= \xi \frac{\rho_{пар} \cdot \omega_{пар}^2}{2} \\ \omega_{возд} &= \frac{V_{возд}}{S} \quad \omega_{пар} = \frac{V_{пар}}{S}, \end{aligned} \quad (2)$$

где V – объёмный расход, л/мин; S – площадь сечения, м².

Экспериментальные исследования по газификации с использованием перегретого пара будут проводиться в диапазоне 700-1000°C, поэтому плотность пара принимали при данных температурах. При 700°C и при 1000°C соответственно:

$$\rho_{пар}^{700} = 0,22 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad \rho_{пар}^{1000} = 0,17 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Так как площадь сечения S постоянная, то уравнение (2) примет вид:

$$V_{пар} = V_{возд} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{возд}}{\rho_{пар}}} \quad (3)$$

В процессе исследований гидродинамики при продувании воздухом исходной засыпки наблюдали начальный момент псевдоожижения и устойчивый режим. Расходные характеристики по воздуху определяли с помощью счетчика сжатого воздуха testo 6442 и газового барабанного счетчика ГСБ-400, внесенных в государственный реестр средств измерений.

Для исследования гидродинамики использовался уголь марки СС. Рассев частиц осуществлен в соответствии с [3]. Для рассева частиц использовались сита 0,2; 0,4; 0,5; 0,63; 1; 1,5; 2; 3; 5 мм. Получили соответствующие размеры частиц в диапазоне 0,2-0,4 мм; 0,5-0,63 мм; 0,63-1 мм; 1,5-2 мм; 2-3 мм; 3-5 мм.

**III Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

124-3

12-14 ноября 2020 года

Результаты экспериментальных исследований гидродинамики слоя исходного материала представлены в таблице 1, с учетом пересчета на соответствующий расход пара по формуле 3:

Таблица 1.
Расход пара

d, мм	Процесс	V _{возд} , нл/мин	V _{пар} , л/мин	
			700°C	1000°C
0,3	Начало псевдоожижения	9	21,06	23,96
	Устойчивый режим	11	25,74	29,29
0,58	Начало псевдоожижения	20	46,81	53,25
	Устойчивый режим	27	63,19	71,88
0,8	Начало псевдоожижения	33	77,23	87,86
	Устойчивый режим	67	156,80	178,38
1,8	Начало псевдоожижения	83	194,25	220,98
	Устойчивый режим	100	234,04	266,24
2,5	Начало псевдоожижения	133	311,27	354,09
	Устойчивый режим	167	390,84	444,62
4	Начало псевдоожижения	167	390,84	444,62
	Устойчивый режим	200	468,07	532,47

Проведено исследование гидродинамики кипящего слоя на холодной модели газогенератора, из которого получены данные о расходах пара. Расход пара в установке необходимый для создания псевдоожженного слоя составляет от 21,06 л/мин (0,3 мм 700°C) до 532,47 л/мин (4 мм 1000°C).

Список литературы:

1. Долуда В.Ю. Паровая газификация низкосортных твердых топлив / М.Г. Сульман, Ю.Ю. Косиццов, Н.В. Лакина, Э.М. Сульман // Химия и химическая технология. – 2016. - №3. – С.69-73.
2. Дубинин А.М. Оптимизация процесса паровой газификации угля в кипящем слое / А.М. Дубинин, В.Г. Тупоногов, Д.В. Филиппов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2008. - №4 (54). – С.60-64.
3. ГОСТ 2093-82. Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава. – Взамен ГОСТ 2093-77; введ. 2001-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 20 с.

Информация об авторах:

**III Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
12-14 ноября 2020 года**

124-4

Якутин Сергей Константинович, студент гр. ТЭб-172, КузГТУ,
650000, г.Кемерово, ул.Весенняя, д. 28, iakutinsergei@mail.ru

Мажейко Никита Евгеньевич, студент гр. ТЭб-172, КузГТУ, 650000,
г.Кемерово, ул.Весенняя, д. 28, nikmazheiko@mail.ru

Шевырёв Сергей Александрович, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000,
г.Кемерово, ул.Весенняя, д. 28, ssa.pmahp@kuzstu.ru