

УДК 665.7.032.56

Набиев М.А., Ермағамбет Б.Т., Нургалиев Н.У.

**РАСЧЕТ ПРОЦЕССА СЛОЕВОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ САРЫАДЫР (ПЛАСТ «НАДЕЖНЫЙ»)**

ТОО «Институт химии угля и технологии»

Республика Казахстан, г. Астана, ул. Орлыкөл 10, НП-3, 010000

Nabiyev M.A., Yermagambet B.T., Nurgaliyev N.U.

**PROCESS CALCULATION OF LAYERED GASIFICATION OF
SARYADYR COAL (LAYER "NADEZHNUY")**

"Institute of coal chemistry and technology" LLP

Orlykol st., building 10, NP-3. Astana, Kazakhstan, 010000

Аннотация. В работе проведено моделирование процесса газификации Сарыадырского угля (пласт «Надежный») при паро-воздушном дутье. Определены оптимальные технологические параметры исследуемого процесса при заданных условиях для получения энергетического и синтез-газа. Выявлено влияние водяного пара и воздуха на компонентный состав газа.

Ключевые слова: уголь, процесс газификации, газ, моделирование, паро-воздушное дутье, оптимальные параметры.

Abstract. Simulation of gasification of Saryadyr coal (layer "Nadezhnuy") was conducted for steam and air blow in this research. The optimal technological parameters of the test under specified conditions were determined to obtain energy and synthesis gas. The influence of water vapor and air on gas composition was revealed.

Key words: coal, gasification process, gas, simulation, steam and air blow, optimal parameters.

Вступление.

Процесс газификации твердых топлив считается одним из наиболее перспективных направлений использования угля и позволяет получать синтез-газ для производства жидких моторных топлив, технологические газы для химической промышленности и металлургии, газообразный энергоноситель для производства электрической и тепловой энергии и др. При этом весьма актуальным является определение оптимальных технологических режимов ведения процесса, что возможно осуществить только на основе расчетных моделей газификации [1].

Входные данные и методы.

Для реализации математического моделирования процесса слоевой газификации выбран метод проф. Доброхотова Н.Н., который используется при расчетах газификации как каменных, так и бурых углей [2]. Основным результатом расчета является определение состава и количества генераторного газа, исходя из рабочего состава угля, то есть без проведения экспериментов.

В данном методе расчет ведется отдельно по обеим стадиям: а) стадии сухого разложения (в верхней части генератора) и б) собственно процесса газификации (в нижней части генератора). При этом, исходя из практических данных, задаются распределением содержащих в топливе углерода C , кислорода O_2 и водорода H_2 между составными частями генераторного газа. Затем подсчитывают количество CO , H_2 , CO_2 и H_2O в газе, полученном по основному генераторному процессу в нижней части газификатора. Этот последний процесс характеризуется следующими уравнениями [2]:



Расчет процесса газификации Сарыадырского угля (пласт «Надежный») проводился в режиме дутья паро-воздушной смеси, значения расходов которых (согласно данной методике) принимались равными: водяного пара – 0,2; 0,3; 0,4

кг/кг и воздуха – 1,06; 1,11; 1,16 м³/кг (на 1 кг угля). В связи с этим количество расчетов проводилось $3^2 = 9$ раз, т.е. комбинации проводились между всеми параметрами из этих интервалов. Выбор такого количества расчетов обусловлен определением оптимальных технологических режимов ведения процесса получения энергетического и синтез-газа. При этом основными отличительными характеристиками энергетического и синтез-газа будут являться наибольшие значения суммы основных горючих компонентов газа CO , H_2 , CH_4 (далее – V_r) и заданные объемные соотношения H_2/CO (от 1 до 2) соответственно. Выбор указанных соотношений H_2/CO обусловлен тем, что обычно их используют для синтеза жидких моторных топлив и различных ценных химических продуктов в зависимости от условий проведения синтеза [3]. В таблице 1 приведена характеристика Сарыадырского угля.

Таблица 1

Характеристика Сарыадырского угля (пласт «Надежный»)

Топливо	Состав угля (на рабочую массу), %								Теплота сгорания, (ккал/кг)	
									высш.	низш.
	W_t^r	A^r	V^{daf}	C^r	O^r	H^r	N^r	S^r	Q_y^6	Q_y^H
Сарыадыр	2,94	46,47	27,68	40,71	6,56	2,66	0,39	0,27	3932	3771

Результаты. Обсуждение и анализ.

Результаты проведенного расчета представлены в таблице 2 и на рисунках 1 и 2. Теплотворную способность газа Q_2 и КПД газификации η (в %) определяли как:

$$Q_2 = (3016 \cdot CO + 2576 \cdot H_2 + 8558 \cdot CH_4 + 5620 \cdot H_2S) \cdot 0,01 \text{ ккал/м}^3$$

Q_2 – теплотворная способность газа; 3016, 2576, 8558, 5620 – теплотворные способности газов (в ккал/м³) CO , H_2 , CH_4 , H_2S соответственно; CO , H_2 , CH_4 , H_2S – содержание компонентов в газе, об.%.

$$\eta = \frac{V_2 \cdot Q_2}{M \cdot Q_y} \cdot 100 \%$$

Q_z и Q_y – теплотворные способности газа и угля соответственно (ккал/кг);
 V_r – объем полученного газа (m^3); M – масса израсходованного угля (кг).

Таблица 2

**Варианты ведения процесса газификации угля Сарыадырского
месторождения (пласт «Надежный»)**

Режим	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход пара (кг/кг)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Расход воздуха (m^3 /кг)	1,16	1,11	1,06	1,16	1,11	1,06	1,16	1,11	1,06
Температура газификации ($^{\circ}C$)	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Выход влажного газа (m^3 /кг)	2,04	2,00	1,96	2,16	2,12	2,08	2,29	2,24	2,20
Выход сухого газа (m^3 /кг)	1,89	1,85	1,82	1,94	1,90	1,87	1,97	1,94	1,91
Сумма V_r ($CO + H_2 + CH_4$), об. %	40,93 44,25	42,99 46,36	44,95 48,35	38,57 43,12	40,48 45,11	42,27 46,98	36,48 42,29	38,22 44,21	39,87 45,99
Соотношение: H_2/CO	0,654	0,651	0,649	0,847	0,845	0,843	1,029	1,027	1,026
Состав газа (%):	влажный / сухой								
CO_2	5,88	5,26	4,68	7,82	7,37	6,94	9,06	8,71	8,39
	6,35	5,67	5,03	8,75	8,21	7,71	10,50	10,07	9,67
CH_4	2,56	2,61	2,67	2,41	2,46	2,51	2,28	2,32	2,36
	2,76	2,82	2,87	2,69	2,74	2,79	2,64	2,69	2,73
CO	23,20	24,46	25,64	19,58	20,61	21,57	16,86	17,71	18,51
	25,09	26,37	27,58	21,89	22,97	23,97	19,54	20,48	21,35
H_2S	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
H_2	15,17	15,92	16,64	16,58	17,41	18,19	17,34	18,19	19,00
	16,40	17,17	17,90	18,54	19,40	20,22	20,11	21,04	21,91
N_2	45,24	44,04	42,90	42,64	41,45	40,33	40,32	39,16	38,06
	48,92	47,49	46,13	47,67	46,21	44,83	46,75	45,27	43,88
H_2O	7,52	7,26	7,01	10,55	10,29	10,03	13,75	13,51	13,27
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C_2H_4	0,37	0,37	0,38	0,34	0,35	0,36	0,33	0,33	0,34
	0,39	0,40	0,41	0,38	0,39	0,40	0,38	0,38	0,39
Итого	100	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Теплота сгорания Q_r , ккал/ m^3	1420,2	1483,4	1542,7	1372,7	1431,5	1486,7	1337,8	1393,6	1445,9
η_r (КПД), %	71,04	72,81	74,41	70,47	72,21	73,79	70,02	71,75	73,32

Анализ полученных результатов показывает, что увеличение расхода водяного пара (в диапазоне 0,2-0,4 кг/кг) приводит к:

- повышению концентрации CO_2 и H_2 , целевого соотношения H_2/CO (от 0,65 до 1,03), теплоты сгорания Q_r , КПД газификации η_r , общего выхода газа;
- уменьшению выхода CO , CH_4 , N_2 , C_2H_4 , суммарного выхода основных компонентов газа V_r .

Влияние водяного пара можно объяснить тем, что в соответствии с реакцией водяного газа: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$.

Увеличение расхода воздуха приводит к аналогичному влиянию на состав газа, за исключением того, что уменьшается выход H_2 и повышается концентрация азота N_2 .

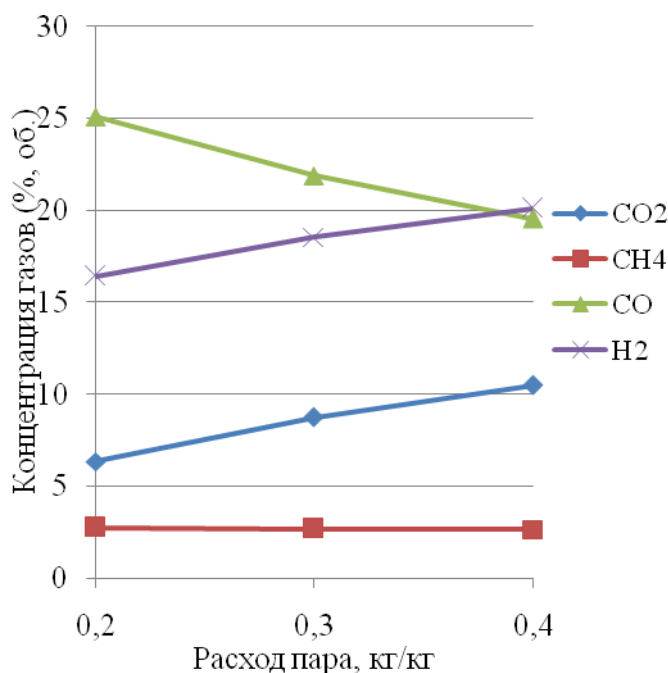


Рис. 1. Влияние расхода водяного пара (на 1 кг угля) на выход компонентов сухого газа из Сарыадырского угля при расходе воздуха 1,16 м³/кг

Для получения энергетического газа с наибольшими показателями по калорийности и КПД газификации необходимо, чтобы расходы вдуваемого пара и воздуха были наименьшими, но достаточными для качественного сжигания угля, т.е. с минимальными остатками шлака. Таким условиям из

заданных диапазонов значений количества паро-воздушного дутья соответствует режим 3 (табл. 2), с максимальным выходом горючих компонентов V_r (48,35 % для сухого газа) и наименьшим соотношением H_2/CO (0,649). Для режима 3, соответствующего оптимальному режиму ведения процесса для получения энергетического газа, в таблице 3 представлен материальный баланс процесса газификации. Незначительное расхождение между статьями прихода и расхода связано с погрешностью расчета, что составляет $\approx 0,12\%$.

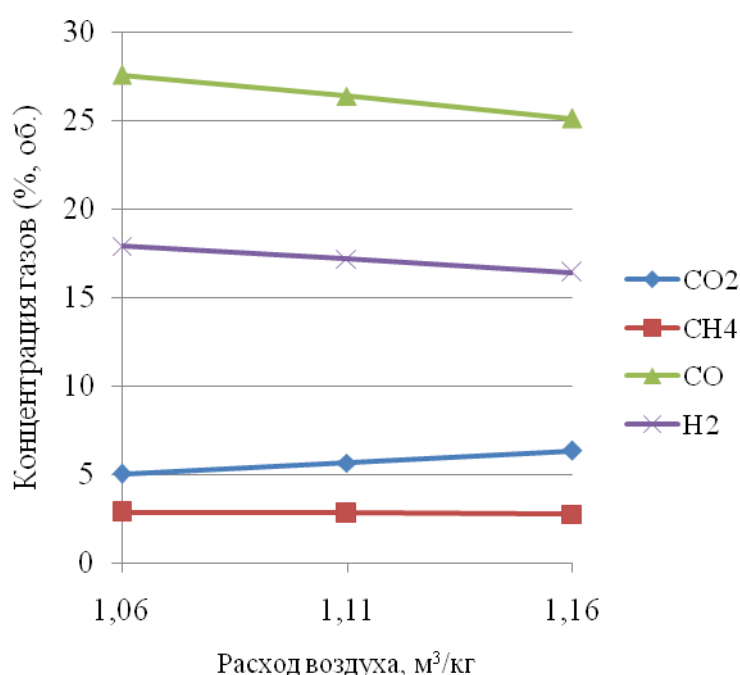


Рис. 2. Влияние расхода воздуха (на 1 кг угля) на выход компонентов сухого газа из Сарыадырского угля при расходе водяного пара 0,2 кг/кг

Для получения синтез-газа наиболее подходящим является режим 7 с максимальным соотношением H_2/CO (1,029) при наибольших значениях расходов воздуха (1,16 м³/кг) и водяного пара (0,4 кг/кг), но наименьшим выходом горючих компонентов V_r (42,29 % для сухого газа) (табл. 2).

Таблица 3

Материальный баланс процесса газификации угля

Наименование статей прихода и расхода	кг
<i>Приход</i>	
1. Уголь	100,0
2. Водяной пар	20,0
3. Воздух	135,1
Итого расход	255,1
<i>Расход</i>	
1. Синтетический газ	204,4
2. Унос углерода в топливе	1,6
3. Зола ($A^r = 46,5 \%$)	46,5
4. Неразложившийся пар (10 % от H_2O)	2,3
Невязка баланса	0,3
Итого расход	255,1

Выводы.

Был проведен математический расчет процесса слоевой газификации угля месторождения Сарыадыр (пласт «Надежный»). На основании расчета определены оптимальные значения расходов водяного пара и воздуха для получения энергетического и синтез-газа при заданных начальных условиях. Выявлено влияние водяного пара и воздуха на компонентный состав газа.

Литература:

1. Морозов, А.Б. Разработка автотермической технологии производства полукокса и активированного угля: Дисс. ... канд. техн. наук: 01.04.14 / А.Б. Морозов. – Красноярск. - 2003. – 171 с.
2. С.Д. Бесков. Техно-химические расчеты. 3-е издание, исправл. /под ред. Я.Г. Алавердова. – 468 с.
3. Нагорнов, А. Н. Исследование и разработка технологии газификации малозольных углей в плотном слое под давлением при паровоздушном дутье: дисс... на соискание ученой степени к.т.н. – Барнаул, 2010. – 124 с.

Статья отправлена: 30.11.2015 г.

©Набиев М.А., Ермагамбет Б.Т., Нургалиев Н.У.