

Production of the combustible gas by layered gasification with steam-air blowing
Aimakov D.¹, Yermagambet B.², Nurgaliyev N.³, Zikirina A.⁴ (Republic of Kazakhstan)

**Получение горючего газа методом слоевой газификации
при паро-воздушном дутье**

Аймаков Д. Н.¹, Ермагамбет Б. Т.², Нургалиев Н. У.³, Зикирина А. М.⁴
(Республика Казахстан)

¹Аймаков Данат Ниязбекович / Aimakov Danat – магистрант,
технологический факультет, Казахский университет технологии и бизнеса;

²Ермагамбет Болат Толеуханұлы / Yermagambet Bolat – доктор химических наук, профессор, директор;

³Нургалиев Нуркен Утеуович / Nurgaliyev Nurken Uteuovich – кандидат химических наук, ведущий научный
сотрудник,

Институт химии угля и технологии;

⁴Зикирина Айну́р Мухаме́тжановна / Zikirina Ainur Mukhametzhapovna – магистр физических наук, преподаватель,
кафедра химии и физики,

факультет компьютерных систем и программного обеспечения,

Агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан

Аннотация: В статье изучено влияние температуры процесса газификации и газовых реагентов (водяной пар, воздух) на состав и выход основных компонентов газа из Сарыадырского угля. Определены оптимальные параметры ведения процесса для получения горючего газа с наибольшей calorific value.

Abstract: In the article the effect of temperature of gasification process and gas reactants on the composition and yield of the main components of the gas (steam, air) from Saryadyr coal is studied. The optimum parameters of the process to produce a combustible gas with the highest calorific value were determined.

Ключевые слова: уголь, слоевая газификация, паро-воздушное дутье, синтетический газ, расход дутья, горючие компоненты.

Keywords: coal, layered gasification, steam-air blowing, synthetic gas, consumption of blowing, fuel components.

Газификация твердых топлив может быть охарактеризована как совокупность гетерогенных и гомогенных реакций, среди которых желательны те, которые приводят (в зависимости от цели процесса) к образованию горючих компонентов CO, H₂ и CH₄ в качестве составных частей газа [1]. Такой газ после его очистки от вредных примесей (H₂S, CO₂ и др.) используют для получения тепловой и электрической энергии, а при определенных объемных соотношениях H₂/CO (от 1 до 3) может быть применим для синтеза различных углеводородов (компонентов моторных топлив и ценных химических соединений) [2].

Газификации может быть подвергнуто большинство известных видов твердых горючих ископаемых (уголь, сланец, торф и т.д.). При этом можно получать газ заданного состава или заданной теплоты сгорания, так как эти показатели в значительной степени определяются температурой, давлением и составом применяемого дутья [3].

В данной работе исследование процесса слоевой газификации угля с применением паро-воздушного дутья проводили на лабораторной установке, технологическая схема которого приведена на рисунке 1.

В качестве объекта исследования использовали уголь месторождения Сарыадыр (пласт «Надежный») (Казахстан) марки ГЖ.

Технический и элементный анализы угля проводили на термогравиметрическом анализаторе Eltra Thermostep (согласно ASTM D7582-12 «Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis») и элементном анализаторе «EURO EA 3000».

При проведении экспериментов расход воздуха регулировали в интервале 1-3 м³/кг, расход водяного пара 0,2-0,8 кг/кг (на 1 кг угля).

Результаты анализа технического и элементного состава Сарыадырского угля (пласт «Надежный») приведены таблице 1.

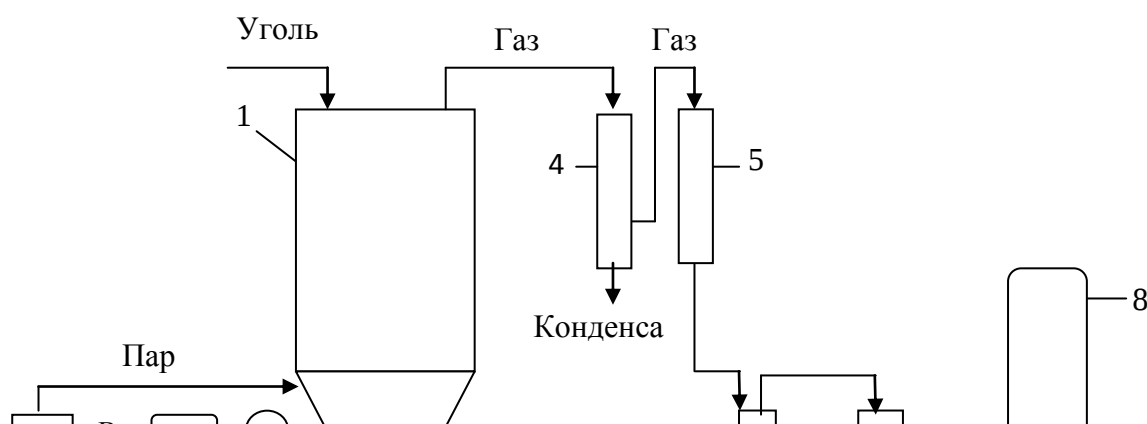


Рис. 1. Технологическая схема установки газификации угля

1 – газификатор; 2 – парообразователь; 3 – компрессор; 4 – сепаратор;
5 – холодильник; 6 – газосчетчик; 7 – компрессор; 8 – емкость для газа;
9 – нагреватель воздуха; 10 – расходомер воздуха; 11, 12 – ЛАТРы.

Таблица 1. Характеристики газифицируемого угля

Месторождение угля	Состав угля, %								Теплота сгорания, (ккал/кг)	
									высшая	низшая
	W_{r_t}	A^r	V_{daf}	C_{daf}	O_{daf}	H_{daf}	N_{daf}	S_{daf}	Q_B^r	Q_H^r
Сарыадыр (пласт «Надежный»)	2,94	46,47	27,68	80,47	12,97	5,26	0,77	0,53	3932	3771

В таблице 2 приведены рациональные расходы дутья, подобранные таким образом, чтобы обеспечить необходимую температуру газификации, способствующую благоприятному протеканию деструктивных процессов разложения угля. Температура $t \approx 900$ °С является оптимальной для получения наибольших концентраций горючих компонентов газа (CO , H_2 , CH_4) из исследуемого угля.

Таблица 2. Рациональные значения расходов пара и воздуха в процессе газификации

Месторождение угля	Расход пара, кг/кг	Расход воздуха, м ³ /кг	Температура газификации, °С
Сарыадыр (пласт «Надежный»)	0,43	2,15	900

Проведены эксперименты с целью определения влияния температуры на компонентный состав газа в интервале 600-1000 °С при условиях, указанных в таблице 2. Полученные данные представлены в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 3. Температурная зависимость концентраций компонентов газа из Сарыадырского угля

n , об. %	60 0 °С	70 0 °С	80 0 °С	90 0 °С	10 00 °С
H_2	5,6 3	7,6 5	10, 52	13, 87	11, 42
CO_2	5,1 7	6,8 4	8,2 9	10, 83	12, 97
N_2	62, 45	56, 91	53, 27	50, 82	48, 15
CH_4	1,6 2	1,9 8	2,3 8	2,8 1	2,6 4
CO	9,3 1	12, 42	17, 84	19, 56	18, 93

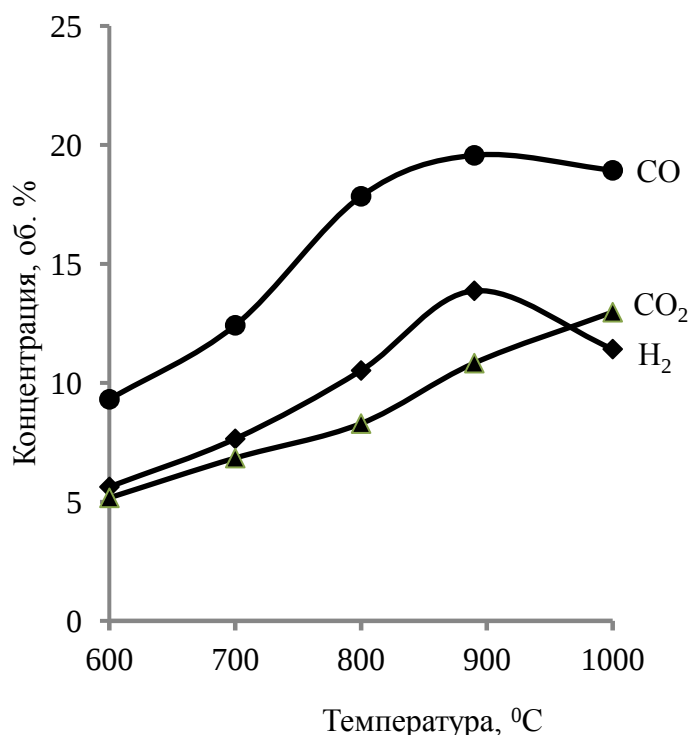
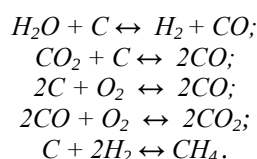


Рис. 2. Температурная зависимость концентрации компонентов синтетического газа при паро-воздушном дутье

При газификации данного угля фактически не наблюдалось заметного выделения смолистых веществ. Как видно из полученных данных, компонентный состав полученного синтетического газа изменяется в широком диапазоне в зависимости от температуры в зоне газификации в интервале 600-1000 °C. При 600°C содержание горючих компонентов (CO, H₂, CH₄) незначительно и начинают усиленно протекать реакции окисления углерода угля до оксида углерода.

Концентрации горючих компонентов газа заметно повышаются с увеличением температуры и достигают наибольшего значения при температуре $t = 900$ °C. Суммарная концентрация этих компонентов при данной температуре составляет 36,24 % (об.). Вместе с тем, наблюдается существенное увеличение содержания CO₂ (с 5,17 до 12,97 % об.) и уменьшение N₂ (с 62,45 до 48,15 % об.) в газе в интервале температур 600-1000 °C. Вышеуказанные изменения компонентного состава газа происходят в соответствии с основными реакциями газификации:



Следует отметить, что высокие концентрации N₂, CO₂, H₂O, а также наличие мелких частиц (пыли) и смолистых веществ в газе увеличивают нагрузку на его последующую очистку с целью дальнейшего использования. Для частичного устранения этого недостатка в газификатор обычно вводят нагретый водяной пар (свыше 300 °C), что также приводит к более лучшему разложению органической массы угля [4].

Литература

1. Гюльмалиев А. М., Головин Г. С., Гладун Т. Г. Теоретические основы химии угля. - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. 556 с.
2. Альтишулер В. С. Современное состояние и развитие технологии газификации твердого топлива. // Химическая технология, 2005. № 1. С. 309 - 314.
3. Ермагамбет Б. Т., Касенов Б. К., Бектурганов Н. С. и др. Чистые угольные технологии: Теория и практика. Астана-Караганда: TENGRI, 2013. 276 с.

4. Загруддинов Р. Ш., Нагорнов А. Н., Сеначин П. К. Технологии газификации углей и производства моторных топлив: учеб. пособие / АлтГТУ. - Барнаул: Алт. Дом печати, 2008. 96 с.