

*О. В. Седачёва, Н. А. Абаимов*

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

[Olga7087@mail.ru](mailto:Olga7087@mail.ru)

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПОТОЧНОГО ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ГАЗИФИКАТОРА УГЛЯ В СРЕДЕ O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>

*Проанализирована работа oxy-fuel IGCC с двухступенчатым поточным газификатором. В работе рассмотрены особенности работы двухступенчатого поточного газификатора угля в среде O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>. Выявлены преимущества и недостатки работы газификатора в новых условиях.*

Ключевые слова: *поточная газификация; oxy-fuel; IGCC; CFD.*

*O. V. Sedacheva, N. A. Abaimov*

Ural Federal University, Ekaterinburg

## PECULIARITIES OF OPERATION OF IN-LINE TWO-STAGE COAL GASIFIER IN MEDIUM O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>

*The operation of oxy-fuel IGCC with a two-stage in-line gasifier was analyzed. Features of operation of two-stage in-line coal gasifier in O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> medium are discussed. Advantages and disadvantages of gasifier operation in new conditions are identified.*

Keywords: *line gasification; oxy-fuel; IGCC; CFD.*

Сегодня всё более остро встает проблема изменения климата, вследствие повышения концентрации парниковых газов в атмосфере. Одним из таких газов является CO<sub>2</sub>. Выбросы CO<sub>2</sub> от сжигания угля составляют около 40 % от общего количества выбросов, что делает его лидером среди всех техногенных источников CO<sub>2</sub>. Для того чтобы снизить количество выбросов угольных электростанций в Японии стартовал проект по разработке высокоэффективной *oxy-fuel IGCC* –

парогазовой установки с внутрицикловой газификацией и системой *oxy-fuel* для улавливания  $\text{CO}_2$ .

Установка *oxy-fuel IGCC* (рис. 1) представляет собой ПГУ, в которой источником топливного газа (синтез-газа) является газификатор твёрдого топлива, а выхлоп газовой турбины ( $\text{CO}_2$ ) сжимается и направляется на хранение (например, под землю). Одной из основных особенностей *oxy-fuel IGCC* является режим работы газификатора. Например, в Японской вариации *oxy-fuel IGCC* (с КПД более 43 %) [1] используется двухступенчатый поточный газификатор под давлением (около 3–4 МПа), а процесс газификации происходит в среде  $\text{O}_2\text{-CO}_2$ . Кислород поступает в газификатор из воздухоразделительной установки (ВРУ), а  $\text{CO}_2$  рециркулирует с выхлопа ГТУ.

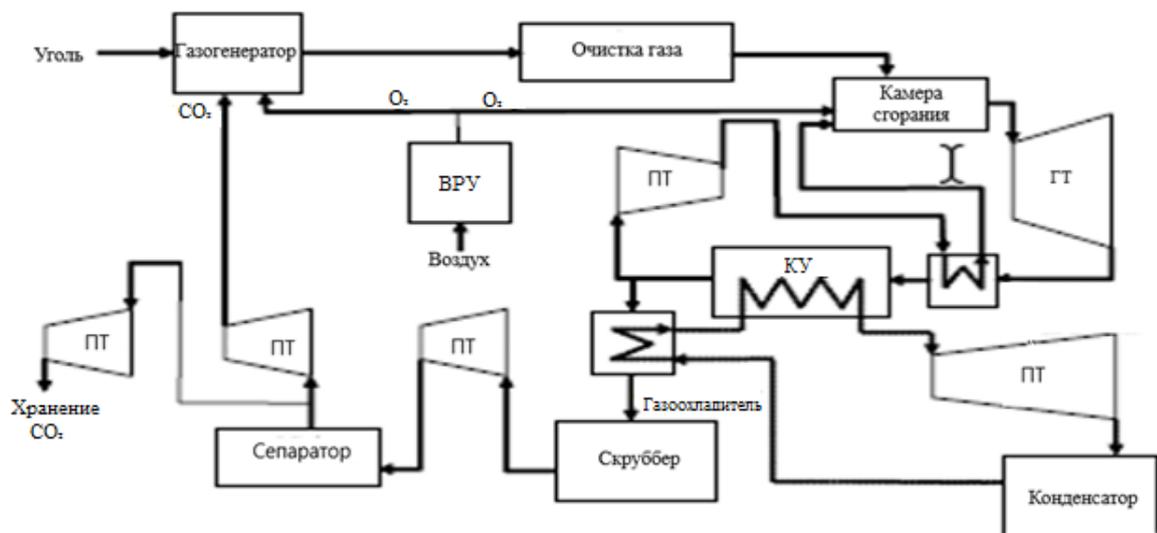


Рис. 1. Принципиальная схема высокоэффективной *oxy-fuel IGCC* [1]

Газификатор является одним из узлов, который необходимо разработать. Для этого проводятся как экспериментальные, так и расчётные исследования [2, 3].

Экспериментально-расчётные исследования проводились на пилотном газификаторе типа *MHI* [2] в широком диапазоне составов сред (табл. 1). Их целью была экспериментальная отработка газификации угля при переходе от воздуха к  $\text{O}_2/\text{CO}_2$ , а также верификация *CFD*-модели процессов, происходящих в такого рода установках.

Экспериментально-расчётные исследования [2]

Параметр	Ед. изм.	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4	Опыт 5
Загрузка угля	кг/ч	100	100	100	100	100
Соотношение с кислородом	доли ед.	0,52	0,55	0,54	0,49	0,49
O <sub>2</sub>	%	25	25	25	30	30
CO <sub>2</sub>	%	0	15	25	25	70
N <sub>2</sub>	%	75	60	50	45	0

В результате было установлено, что основным источником тепловой энергии являются экзотермические реакции горения водорода и СО.

Газогенератор (рис. 2) состоит из двух камер: камеры сгорания и камеры газификации. В первой камере происходит горение угля, во второй газификация угля продуктами сгорания. Основной эндотермической реакцией в первой ступени является реакция Будуара, а во второй – гидрогазификация. Подача СО<sub>2</sub> снижает температуру в соответствующей области, поэтому необходимо контролировать локальное распределение температур и концентраций газов.

В расчётной работе [3] исследовалась работа промышленного газификатора типа *MHI* (рис. 2).

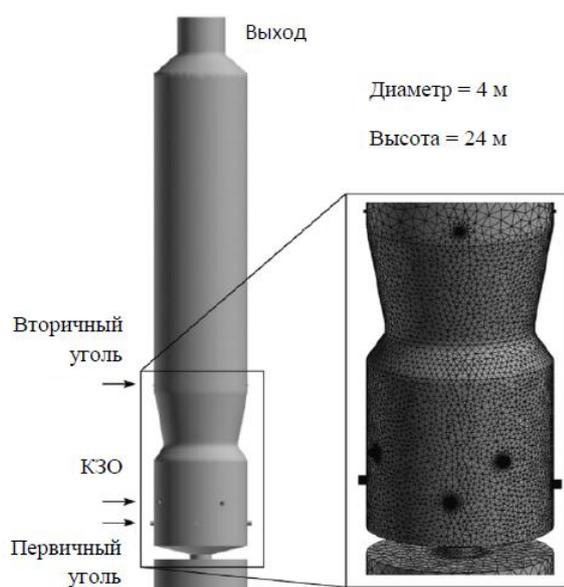


Рис. 2. Модель установки [2]

Моделирование было проведено с различным составом подаваемых сред (смеси O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>) табл. 2 [3].

## Расчётные исследования

Параметр	Ед. изм.	A45-25	C45-25	C45-35	C45-45	A40-25	C40-25	C40-35	C40-45
Загрузка угля	т/ч	70	70	70	70	70	70	70	70
Соотношение с кислородом	доли ед.	0,45	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40
R/T	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
O <sub>2</sub>	%	25	25	35	45	25	25	35	45
CO <sub>2</sub>	%	0	75	65	55	0	75	65	55
N <sub>2</sub>	%	75	0	0	0	75	0	0	0

В работе установлено, что замена инертного азота в смеси на CO<sub>2</sub>, участвующий в эндотермической реакции, приводит к снижению температуры в первой ступени, а во второй ступени температуры остаются неизменными. При этом повышается концентрация CO в синтез-газе, а концентрация H<sub>2</sub> падает. При поддержании одного уровня температур в газификаторе его химический КПД на смеси O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> выше, чем O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>. Это говорит о необходимости контроля состава подаваемой смеси в случае с рециркуляцией CO<sub>2</sub>.

Проведённый анализ литературы свидетельствует о необходимости подробного анализа влияния состава подаваемой среды O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>. В связи с дороговизной экспериментальных исследований, наиболее перспективным можно считать *CFD*-моделирование.

## Список использованных источников

1. Development of high-efficiency oxy-fuel IGCC System / Y. Oki, H. Hamada, M. Kobayashi, I. Yuri, S. Hara // Energy Procedia. 2017. Vol. 114. P. 501–504. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.1192
2. Modeling and simulation of coal gasification on an entrained flow coal gasifier with a recycled CO<sub>2</sub> injection / H. Watanabe, K. Tanno, H. Umetsu, S. Umemoto // Fuel. 2015. Vol. 142. P. 250–259. DOI: 10.1016/j.fuel.2014.11.012
3. Numerical investigation of effects of CO<sub>2</sub> recirculation in an oxy-fuel IGCC on gasification characteristics of a two-stage entrained flow coal Gasifier / H. Watanabe, S. Ahn, K. Tanno / Energy. 2017. Vol. 118 (C). P. 181–189. DOI: 10.1016/j.energy.2016.12.031