

*А. А. Котегов, Н. А. Абаимов, А. Ф. Рыжков*  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург  
s.kotegov2010@yandex.ru

## ВЕРИФИКАЦИЯ CFD МОДЕЛИ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ПОТОЧНОГО ГАЗИФИКАТОРА НА ВОЗДУШНОМ ДУТЬЕ

*В ходе работы была верифицирована CFD-модель процесса газификации, происходящего в двухступенчатой поточной установке. Для верификации были использованы экспериментальные данные, полученные на промышленном газификаторе МНИ с расходом угля 1700 т/сут. С помощью сравнительного анализа установлено, что результаты разработанной CFD-модели удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.*

*Ключевые слова: ПГУ-ВЦГ; газификация угля; вычислительная гидродинамика; поточный газификатор; улавливание и хранение углерода; воздушное дутье.*

*A. A. Kotegov, N. A. Abaimov, A. F. Ryzhkov*  
Ural Federal University, Yekaterinburg

## VERIFICATION OF CFD MODEL OF A TWO-STAGE ENTRAINED- FLOW AIR BLOWN GASIFIER

*In the course of the work, the CFD model of the gasification process occurring in a two-stage entrained-flow installation was verified. For verification, experimental data obtained on an MNI industrial gasifier with a coal consumption of 1700 tons / day were used. using a comparative analysis, it was found that the results of the developed CFD model are in satisfactory agreement with the experimental data.*

*Key words: IGCC; coal gasification; CFD; entrained-flow gasifier; CCS; air blow.*

*Введение.* В последние годы парогазовая установка с внутрицикловой газификацией (IGCC) угля с системой улавливания и хранения углерода (CCS) рассматривается как одна из ключевых

технологий по значительному сокращению выбросов  $\text{CO}_2$  на угольных электростанциях, также она обладает более высоким значением КПД по сравнению с традиционными паросиловыми установками. Важной частью IGCC является газификатор. При изучении процессов, происходящих в газификаторе, часто пользуются компьютерным CFD моделированием.

Целью данной работы является верификация CFD-модели поточной газификации с воздушным дутьем.

*Описание модели.* Для верификации использованы экспериментальные данные, полученные на двухступенчатом поточном газификаторе МНІ 1700 т/сут (рис. 1, таблица) [1]. В первой ступени происходит горение угля, а во второй – газификация угля продуктами горения.

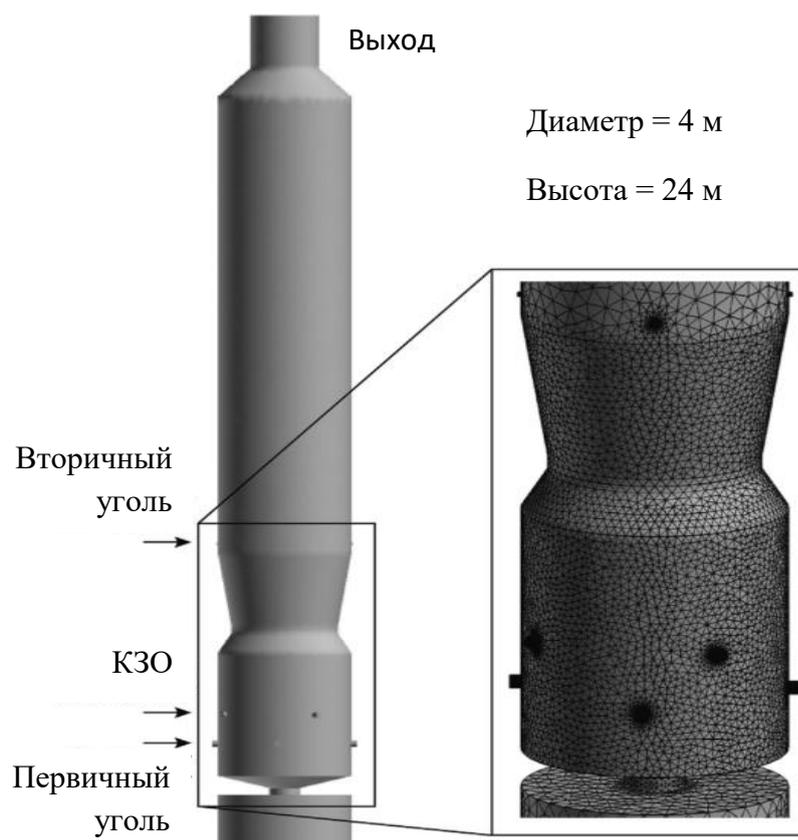


Рис. 1. Модель установки

Для CFD-моделирования использована модель поточной газификации, подробно изложенная в работах [4, 5]. Модель состоит

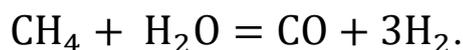
из нескольких подмоделей: одноступенчатая кинетическая подмодель выхода летучих, диффузионно-кинетической подмодели гетерогенного реагирования (горение и газификация угля), подмодель турбулентности  $k-w$  SST, подмодель радиационного теплообмена Discrete transfer с 32 расчётными лучами и др.

Экспериментальный режим газификатора МНІ 1700 т/сут [2, 3]

Характеристика угля	
$W^r$	5,6
$C_{fix}^r$	55,3
$V^r$	33,3
$A^r$	5,8
$C^d$	77
$H^d$	4,56
$O^d$	11,32
$N^d$	0,86
$S^d$	0,16
Характеристика режима	
Давление, МПа	2,7
Расход угля, кг/с	20,1
Расход транспортного азота, кг/с	10,77
Расход кислорода на обогащение, кг/с	3,94
Расход воздуха, кг/с	57,95

*Анализ результатов.* Как видно из рис. 2 [5], результаты CFD-моделирования удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными, что говорит о применимости разработанной CFD-модели для исследования такого рода процессов.

Незначительное занижение концентрации CO и завышение  $H_2$  может быть связано с тем, что в расчётных данных практически отсутствует метан в связи с его термическим разложением по реакции:



Согласно экспериментальным данным 0,7 % метана содержится в синтез-газе. При его разложении отношение  $H_2/CO$  незначительно растёт. Однако, ввиду его малой концентрации при CFD-моделировании его зачастую не учитывают.

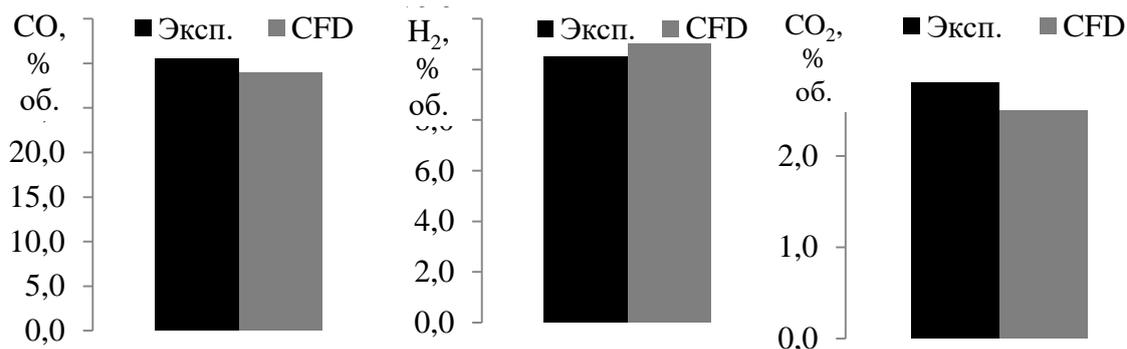


Рис. 2. Верификация по экспериментальным данным, полученным с газификатора МНН 1700 т/сут

*Заключение.* С помощью сравнительного анализа установлено, что результаты разработанной CFD-модели удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными. В дальнейшем планируется использование данной модели при расчете двухступенчатой поточной газификации угля в среде O<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> для oxy-fuel IGCC.

#### Список использованных источников

1. Watanabe H., Ahn S., Tanno K. 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 // Energy. 2017. Vol. 118. P. 181–189.
2. Hashimoto T., Sakamoto K., Kitagawa Y., Hyakutake Y., Setani N. Development of IGCC commercial plant with air-blown gasifier // Mitsubishi Heavy Industries Technical Review. 2009. Vol. 46, № 2 (June). P. 1–5.
3. Giuffrida A., Romano M. C., Lozza G. Thermodynamic analysis of air-blown gasification for IGCC applications // Applied Energy. 2011. Vol. 88. P. 3949–3958.
4. Чернецкий М. Ю., Кузнецов В. А., Дектерев А. А., Абаймов Н. А., Рыжков А. Ф. Сравнительный анализ влияния моделей турбулентности на описание процессов горения угольной пыли при наличии закрутки потока // Теплофизика и аэромеханика. 2016. Т. 23, № 4 (100). С. 615–626.
5. Разработка модели поточной газификации угля и отработка аэродинамических механизмов воздействия на работу газогенераторов / Н. А. Абаймов, А. Ф. Рыжков // Теплоэнергетика. 2015. № 11. С. 3–8.