

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ ВОДЯНОЮ ПАРОЮ ПРИ ВИСОКИХ ТЕРМОБАРИЧНИХ ПАРАМЕТРАХ

© Д.В. Брик¹, С.Д. Кальмук²

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, 79060, м. Львів, вул. Наукова, 3а, Україна

¹ Брик Дмитро Васильович, докт. техн. наук, с.н.с., зав. відділу проблем геотехнології горючих копалин, ORCID: 0000-0003-2352-9911, Scopus ID: 14627218200, e-mail: dmytrobryk@ukr.net

² Кальмук Соломія Дмитрівна, провідний інженер лабораторії проблем геоелектрохімії при відділі геології і геохімії твердих горючих копалин, ORCID: 0000-0002-1350-9696, Scopus ID: 16402143600, e-mail: solomiya.kalmuk@gmail.com

Проведено фізичне моделювання процесу газифікації вугілля Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну з використанням як основного реагента водяної пари при високих термобаричних розрахункових параметрах (при температурі 850-1000 °С, тиск 25-4 МПа відповідно).

Для цього було здійснено низку експериментальних досліджень в лабораторних умовах при фіксованих термобаричних параметрах: тиски 0,4; 1,2; 3,6 МПа і температура 850, 900, 950 °С. Основним вузлом лабораторної установки був спроектований та сконструйований нами реактор-газогенератор, виготовлений із жароміцної сталі ХН35ВТЮ, розрахований на високі термобаричні параметри (при T_{max} -1000 °С тиск P_{max} -4,0 МПа, при T -850 °С тиск P_{max} -25 МПа).

Було спроектовано, розроблено та змонтовано лабораторну експериментальну установку, забезпечено її вимірювальною апаратурою, розроблено і вдосконалено методику досліджень з газифікації вугілля із врахуванням підземних умов, виконано аналіз отриманої інформації. Проведено аналізи вихідної сировини, отриманого горючого газу, смоли та конденсату.

Визначено оптимальні режими технологічного процесу газифікації вугілля водяною парою, що забезпечують максимальне наближення якості і кількості кінцевої продукції до граничних теоретично можливих показників. Перевірено вплив температури, тиску, витрат і якості реагенту на вихід, склад та калорійність синтезованих горючих газів.

Виконано матеріальний баланс процесу. Величина розбалансування мас свідчить про величину сумарних похибок, котрі допущені при проведенні експериментів. Так, сумарна похибка загального матеріального балансу процесу змінювалася за абсолютною величиною від 0,7 до 6,3 %. Сумарна похибка на завантажене вугілля для всіх експериментів змінювалася за абсолютною величиною від 0,4 до 5,9 %. Наведені величини розбалансування (сумарних похибок) свідчать про вірогідність даних, що отримані при проведенні експериментів. З метою визначення помилки експерименту та перевірки на адекватність було проведено два експерименти (№ 9, № 14) при однакових умовах (вугілля, реагент, тиск, температура). Сумарні похибки по завантаженому вугіллю складають -2,4 та -0,8 %, а по матеріальному балансу процесу -1,3 та -0,5 % відповідно, що свідчить про задовільну точність експериментів.

Наведено методику та розрахунок теплового балансу процесу газифікації, запропоновані всі необхідні співвідношення для обчислення теплових та енергетичних показників газифікації вугілля в моделі для стадії піролізу (1) і стадії власне газифікації (2) і процесу в цілому.

Вказано на великі теплові втрати лабораторного реактора-газогенератора, що зумовило низькі теплові та енергетичні показники процесу. Зазначено, що в умовах вугільного пласта, де теплоізоляція є на порядок вищою, теплові показники ПГВ будуть набагато кращими.

Обґрунтовано оптимальні технологічні режими для подальших пілотних випробувань в натурних умовах, тобто в умовах вугільного пласта.

Ключові слова: вугілля, газифікація, водяна пара, високі термобаричні параметри, методика розрахунку, матеріальний баланс, тепловий баланс.

Автор для листування С.Д. Кальмук, e-mail: solomiya.kalmuk@gmail.com

Рукопис надійшов до редакції 16.03.2026

Прийнято до публікації 25.05.2026

Опубліковано 29.05.2026

Як цитувати:

1. Брик Д.В. Фізичне моделювання процесу газифікації вугілля водяною парою при високих термобаричних параметрах / Д.В. Брик, С.Д. Кальмук // Вуглехімічний журнал. – 2026. – № 2. – С. 10-21. <https://doi.org/10.31081/1681-309X-2026-0-3-10-21>

2. Bryk, D.V. & Kalmuk, S.D. (2026). Fizychnе modeliuвання protsesu hazyfikatsii vuhillia vodianoiu paroiu pry vysokykh termobarichnykh parametrah. Vuhlekhimichnyi Zhurnal, (3), 10-21. <https://doi.org/10.31081/1681-309X-2026-0-3-10-21>

Як отримати повний текст статті:

- протягом 2-х років від дати опублікування – за запитом на e-mail: post@ukhin.org.ua

- після 2-х років від дати опублікування – вільний доступ у базі даних «Наукова періодика України» НБУ ім.

Вернадського за посиланням:

http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis-nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21IDBN=UJRN&P21IDBN=UJRN&S21ISTN=1&S21REF=10&S21FMT=juu_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=0&S21COLORTERMS=0&S21STR=ukhi

Бібліографічний список

1. Кальмук С. Д. Засади екологічної конверсії вугілля / С. Д. Кальмук, Д. В. Брик // *Вуглехімічний журнал*. – 2025. – № 5. – С. 3-11. <https://doi.org/10.31081/1681-309X-2025-0-5-3-11>
2. Брик Д. В. Рівноважні показники процесу газифікації вугілля водяною парою / Д. В. Брик, С. Д. Кальмук // *Вуглехімічний журнал*. – 2025. – № 6. – С. 3-14. <https://doi.org/10.31081/1681-309X-2025-0-6-3-14>
3. Волошин М. Д. Розрахунки та конструювання обладнання хімічних виробництв: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» та 133 «Галузеве машинобудування»/ М. Д. Волошин, В. О. Колісник. – Кам'янське: ДДТУ, 2017. – 142 с.
4. Андреев І. Розрахунок технологічних трубопроводів: навч. посібн. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / І. Андреев. – Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2023. – 104 с.
5. Ocampo A. Etude cinétique de la vapogazéification du coke. 1. Etude en thermobalance / A. Ocampo, M. Saffer, N. Le Bolay // *Entropie*. – 1989. – Vol. 25. –No 149. – P. 3-14.
6. Le Bolay N. Etude cinétique de la vapogazéification du coke. 2. Etude en lit fluidisé / N. Le Bolay, C. Laguerie, H. Angelini // *Entropie*. – 1989. – Vol. 25. –No 149. – P. 15-26.
7. Valenruela C. Gasification in steam of a bituminous coal from ponarroga (Cordoba, Spain) and of different samples prepared from it / C. Valenruela, A. G. Bernalle, V. Gomer // *J. Jherm. Anal.* – 1985. – Vol. 30. –No 3. – P. 597-602.