

ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ ЗАМІННИКА ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПРИ СВЕРДЛОВИННІЙ ПІДЗЕМНІЙ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ

*М.О. Ілляшов, ПрАТ «Донецьксталь» - металургійний завод», Україна
Р.О. Дичковський, В.С. Фальштинський, В.Г. Лозинський, П.Б. Саїк, ДВНЗ «Національний гірничий університет», Україна*

На спеціальній мобільній стендовій установці проведено тестові дослідження можливості створення замітника газу метану при варіації різним складом дуттьової суміші. Запропоновані режими роботи установки та способи подачі суміші в зону геореактора.

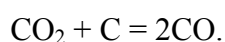
Вступ. Основними факторами, що спонукають до якісної зміни технологій видобування вугілля, є збільшення середньої глибини ведення гірничих робіт, зниження потужності пластів, наявність тектонічних та природних зон підвищеного гірського тиску, геодинамічних та динамічних проявів у масиві тощо. Однією з радикально нових технологій розробки та переробки вугілля є свердловинна підземна газифікація (СПГВ). Дана технологія полягає у бурінні похилогоризонтальних свердловин по вугільному пласту зі з'єднанням їх між собою. Далі провадиться розпалювання вугілля та створюється керований вогневий вибій із збалансованим дотриманням окислювальної та відновлювальної зон. Це дає можливість отримувати суміш горючих газів із подальшим їх використанням як джерела електричної енергії та хімічних продуктів.

Склад горючих газів підземної газифікації вугілля залежить від гірничо-геологічних умов, технічного та технологічного забезпечення процесу газифікації. При детальному розгляді отриманих газів, як компоненти енергетичної сировини, слід відзначити, що загальна їх характеристика суттєво змінюється як за складом, так і за калорійністю. Тому при підборі режимів газифікації, виборі типу дуттьової суміші слід орієнтуватися на кінцевий продукт і конкретні споживачі отриманої сировини. Відповідно, збільшення концентрації одного із горючих газів у вихідному струмені з газогенератора є вкрай важливим науково-практичним завданням.

Формування складу енергетичного газу. Під час свердловинної підземної газифікації із орієнтацією на отримання енергетичної сировини основними горючими газами у вихідному струмені є три основні гази: чадний газ (CO), метан (CH₄) та водень (H₂). Генераторний газ також може містити значну кількість інших газоподібних вуглеводнів (C_xH_x). Вважаємо за необхідне розглянути способи отримання окремого газу та режими роботи газогенератора при цьому.

Максимальне отримання газу водню (H₂). Фактично у цьому випадку не ведеться процес газифікації, а йде його спалювання (технологія підземного спалювання вугілля) і використання отриманого тепла для розкладу води на складові хімічні елементи – водень і кисень. Газ водень, як окремий хімічний елемент, є досить не стійким. Загальновідомо, що він вступає у реакцію з металами та іншими хімічними сполуками, тому виникають проблеми із його зберіганням та транспортуванням. Крім цього, газ легко піддається детонації, тому він є вкрай вибухонебезпечним. Світові енергетичні компанії розглядають його у як одне з енергетичних джерел уже найближчим часом. Передові виробники автомобілів такі як Дженерал Моторс, Форд, Мерседес та ін., зосереджують свою увагу на отриманні двигунів, що використовуватимуть як паливо рідкий водень. На наших дорогах появляються перші автомобілі, які використовуватимуть саму цю енергетичну сировину.

Орієнтація підземної газифікації вугілля на отримання чадного газу (CO). Монооксид вуглецю утворюється при неповному згорянні вугілля, органіки або сполук, що містять вуглець, при нестачі кисню. Такий же процес відбувається під час підземної газифікації вугілля, коли проходить взаємодія діоксиду вуглецю (CO₂) з розжареним вугіллям у відновлювальній зоні реакційного каналу газогенератора. Ця реакція має вигляд:



Відомо, що протікання реакції можливо в обох напрямках. При температурі нижчій 400°C рівновага майже повністю зміщується вліво, а при 1000°C – вправо [1]. Важливою перевагою цього газу є його теплотворні властивості як енергетичної сировини. Він спалахує при 700 °C і горить характерним голубуватим полум'ям з утворенням вуглекислого газу:



При цьому виділяється значна кількість тепла (135 ккал). Його добре застосовувати у суміші з іншими газами у техніці як газоподібне паливо (доменні газы, генераторний газ, водень тощо).

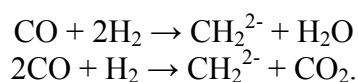
Крім цього, при високій температурі монооксид вуглецю проявляє відновні властивості, завдяки чому він широко використовується в металургії для отримання чистих металів з їх оксидів. Такі реакції характерні при отриманні заліза, свинцю, нікелю, молибдену тощо. При підвищеній температурі і тиску чадний газ вступає з багатьма металами у реакцію з утворенням карбонілів металів (наприклад, $\text{Ni}(\text{CO})_4$, $\text{Cr}(\text{CO})_6$, $\text{Fe}(\text{CO})_5$ і т.д.).

Даний газ не розчиняється у воді і фактично не вступає з нею в хімічну взаємодію. Він також належить до несолетворних оксидів. Слід зазначити, що цей газ є отруйним, причому його отруйні здатності проявляються при незначних концентраціях. Він є небезпечним при концентрації 0,01 %, а при підвищенні вмісту до 0,3 % може привести до летального наслідку протягом декількох хвилин.

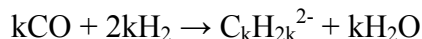
Орієнтація підземної газифікації на отримання газу метану (CH_4). Метан – перший вуглеводень гомологічного ряду. Цей газ є найбільш стійким до хімічної дії. Як і інші алканами він вступає у реакції заміщення (галогенування, сульфохлорування, сульфоокислення, нітрування та ін.), проте володіє меншою реакційною здатністю.

Реакція метану із парами води, що протікає в присутності каталізатора $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ за температури 800 – 900°C чи без нього – 1400 – 1600°C, утворює синтез-газ. Цей газ є сумішшю чадного газу і водню $\text{CO} : \text{H}_2$ у співвідношенні 1:1 до 1:3. Основною областю його застосування є синтез метанолу, вуглеводнів, інших продуктів, а також при синтезі за принципом Фішера-Тропша. Даний процес застосовується при отриманні рідких вуглеводнів (гідрогенізація вугілля). Ця реакція протікає у присутності каталізатора (як правило, кобальт і залізо), в якій монооксид вуглецю і водень перетворюються у синтетичне паливо, або мастильні речовини.

Процес перетворення синтез газу описується наступними хімічними реакціями [2]:



Відповідно, у загальному вигляді ці реакції матимуть вигляд:



де: k – кількість молей, задіяних відновлювальній олігомеризації чадного газу.

Такі реакції є відносно екологічно чистими, оскільки в їх результаті утворюється нестабільний радикал та водяна пара чи вуглекислий газ. Діоксид вуглецю на відміну від монооксиду є відносно нейтральним та не отруйним газом.

Протікання цих реакцій є нестабільним. Отримані радикали CH_2^{2-} вимагають перетворення. Подальше насичення воднем веде до створення замітника газу метану CH_4 . Така реакція протікає зі значним тепловим ефектом і отримала назву гідрування оксиду вуглецю до газу метану:



Можливість протікання таких реакцій підтверджена на поверхневих газогенераторах, коли у подальшому перетворенні як кінцевого продукту виступають метаноли чи інше рідке пали-

во, а газ метан виступає побічним продуктом [3]. Склад продуктів синтезу вуглеводнів за масовою часткою $\mu(n)$ з вуглистом номером n з CO та H_2 за молекулярною масою описується за виразом:

$$\mu(n) = n(1-\alpha)^2\alpha^{n-1}.$$

Коефіцієнт збалансованості протікання хімічних реакцій відповідно до фізичних швидкостей α визначатиметься виразом:

$$\alpha = k_1/(k_1+k_2),$$

де: k_1, k_2 – емпіричні константи, що залежать від швидкості протікання реакції та фізичного обриву ланцюга хімічної реакції.

Дані перетворення отримали назву реакції Андерсона – Шульца – Флорі (поділ ASF). Величина коефіцієнта α знижується зі зростанням температури та збільшується при підвищенні тиску. Відповідно стабілізація цього коефіцієнта провадиться взаємною варіацією температури та тиску. Тестові дослідження переконливо доказують, що перший вуглеводень ряду метан ($n=1$) завжди присутній у більшій кількості, ніж це передбачено за ASF реакцією. Це пояснюється тим, що цей газ утворюється незалежно під час протікання реакції прямого гідрування [4].

Серед згаданих каталізаторів (рутений (Ru), кобальт (Co), залізо (Fe) та нікель (Ni)), найбільш доступним і дешевим на теренах України є залізо. Саме на його використання були зорієнтовані дослідження. Причому планується застосування двостадійної каталізації: у відновлювальній зоні геореактора (пилінова суміш заліза) та на виході з газовихідної свердловини (залізний каталізатор барабанного типу).

Досить відомими є тестові дослідження та промислова апробація попутного отримання газу метану при гідрогенізації вугілля за допомогою різних каталізаторів, включно із Fe-каталізаторами. Проте ці роботи виконувалися в рамках температурних режимів 190 – 350 °С, в значних межах зміни тиску (від 1 до 30 атм.) [5]. Ми пропонуємо провадити дослідження у температурному полі двох рівнів: 1500 – 1700 °С (запуск системи) та 900 – 1100 °С (робочий режим). Доведення системи до робочого режиму та утримання його у температурних межах 900 – 1100 °С здійснюється шляхом пульсуючої подачі в зону газифікації води у низькодисперсному скрапленому стані.

Підвищення якісного складу генераторного газу і наближення його властивостей до природного для легшого застосування на існуючих енергогенеруючих потужностях, як енергетичної сировини, є необхідною складовою при зниженні капіталовкладень промислового використання генераторного газу СПГВ. У цьому напрямку вимагає уточнення завдання орієнтації роботи підземного газогенератора, обґрунтування складу та режимів роботи для максимального отримання газу метану (CH_4) у вихідній суміші.

Формування тестової моделі. Для вирішення поставлених завдань була задіяна авторська мобільна стендова установка, що імітує процеси свердловинної підземної газифікації. Дана експериментальна установка призначена для відпрацювання технологічних схем із направленою подачею робочих реагентів основних параметрів керованого процесу підземної газифікації вугілля. Випробування спрямовані на імітацію основних процесів СПГВ у наземних умовах з урахуванням критеріїв подібності гірничо-геологічних умов, технологічних параметрів підземного газогенератора та фізичних швидкостей процесу.

Установка складається з елементів: моделі підземного газогенератора у вигляді випробувального стенда, компресора, дуттьового, газовідвідного трубопроводів і контрольно-вимірювальної апаратури (рис. 1).

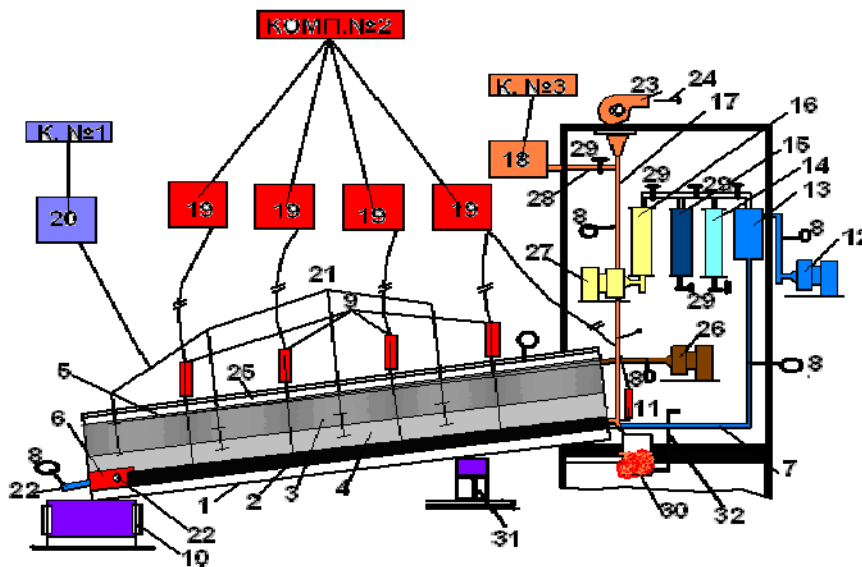


Рис. 1 – Принципова схема експериментальної стендової установки: 1 – металевий ящик (2,0×2,2×1,7); 2 – вугільний пласт; 3 – основна покрівля; 4 – безпосередня покрівля; 5 – закладальний трубопровід; 6 – розпалювальна камера (реакційний канал); 7 – дуттьовий трубопровід (свердловина); 8 – манометри; 9, 11 – термодатчики, 10 – стіл з регулятором висоти; 12 – компресор; 13 – ресивер; 14 – кисневий ресивер; 15 – вуглекисневий ресивер; 16 – паровий ресивер; 17 – газовідвідний трубопровід (свердловина), 18 – портативний аналізатор ВХ-170, аналізатор газу трикомпонентний Casboard-3200L і хроматограф «Поиск 2», 19 – паровий перетворювач сигналів термодатчиків; 20 – реперний датчик; 21 – репер; 22 – трубопровід для подачі повітря при розпалюванні вугільного пласта; 23, 24 – димосос із свічкою; 25 – металева кришка; 26 – шламонасос; 27 – парогенератор; 28 – трубопровід газоаналізатора; 29 – запірні арматури; 30 – бак для збору конденсату; 31 – домкрат для регулювання кута нахилу пласта; 32 – труба для відбору проб конденсату

Головним елементом експериментальної стендової установки із дослідження особливостей експлуатації дуттьової свердловини з рухомою точкою подачі дуття є випробувальний стенд (металевий ящик), виготовлений із металевого листа завтовшки 5 мм. Зверху ящик закритий кришкою. На ящику є розпалювальний контрольний отвір і чотири отвори для подачі дуття та відводу газів, розміщених через 0,2 м один від одного для зручності моделювання довжини вогневого вибою. П'ятий отвір знаходиться зверху на відстані 1,8 м від основи стенда, для подачі закладального матеріалу. У кришці стенда вмонтовані отвори для термодатчиків і реперів.

Повітроподавальна мережа складається з двох пересувних компресорних установок, одна з яких робоча, друга – резервна, повітрянакопичувача, повітряного редуктора, газового лічильника, ніпеля, коркових кранів, рухомих трубопроводів, жаростійких насадок, парогенератора і ресиверів.

Пересувна компресорна установка продуктивністю 30 м³/год складається з компресора 12, ресиверів 13, 14, 15, масляного сепаратора, повітряного фільтра, регулятора тиску, запобіжного клапана, електродвигуна, трубопроводу, пускача і огороження. Усі вузли компресора, що змонтовані на ресиверах, підключені послідовно й оснащені для переміщення колесами і поручнем. Компресор і двигун з'єднуються клиноремінною передачею. Поршневі двоциліндровий одноступеневий компресор простої дії з примусовим повітряним охолодженням від шківмаховика з лопатями, що приводиться в рух колінчастим валом через приводний ремінь.

Для запобігання підвищення тиску більше ніж 0,7 МПа слугує запобіжний клапан на ресиверах. Компресор і ресивери з'єднані дуттьовим трубопроводом 7. Тиск повітря контролюється манометром 8.

Для імітації на стендових установках натурних умов експерименту підземної газифікації

вугілля були встановлені масштабні коефіцієнти і дотримані умови подібності.

Геометричний масштаб:

$$C_1 = \frac{l_H^i}{l_C^i} \left[\frac{M}{M}, \frac{cM}{MM}, \frac{M}{cM} \right],$$

де l_H^i і l_C^i – лінійні розміри стенда і натурального об'єкта; $m = 0,9$ м – потужність пласта.

Габаритні розміри стендової установки – $2,0 \times 2,2 \times 2,5$ м. Вона являє собою паралелепіпед з однією секцією, зварений із листової сталі. З урахуванням розміру секції $2,0 \times 2,2 \times 2,5$ м, розміри пласта за падінням $H = 2,2$ м і за простягання $S = 2,0$ м.

У такому випадку натурні розміри модельованого простору з урахуванням впливу газогенератора на масив:

- за падінням пласта:

$$l_H = l_M \cdot C_1 = 2,2 \cdot 40 \cdot 0,4 = 35,2 \text{ м}$$

- за потужністю масиву:

$$h_H = h_M \cdot C_1 = 2,5 \cdot 40 \cdot 0,4 = 40 \text{ м}$$

- за простяганням:

$$l_S = l_M \cdot C_1 = 2,0 \cdot 40 \cdot 0,4 = 32 \text{ м}$$

Відповідно до проекту СПГВ протяжність реакційного каналу за простяганням становить 30 м. З урахуванням умов геометричної подібності довжина реакційного каналу в умовах моделі дорівнюватиме:

$$l_{p.k} = \frac{30}{40} = \frac{0,75}{0,4} = 1,875 \approx 1,9 \text{ м}$$

Беремо довжину реакційного каналу 1,9 м в умовах моделі підземного газогенератора. Діаметр реакційного каналу визначається з урахуванням потужності пласта $d_k = 2,0$ см.

Для імітації процесу СПГВ у модульованій потужності пласта проводяться горизонтальні свердловини (повітроподавальні та газовідвідні) із діаметром у натурних умовах $d_M = 29$ см – при відношенні потужності пласта до діаметра свердловини позначаємо $C_1 = 3$ см/см.

Глибина залягання пласта – 75-135 м. Безпосередня покрівля представлена піщаниками, сірими сланцями із прошарками глинистого сланцю міцністю $f = 3-4$ і потужністю 3,2 м. Основна покрівля, потужністю 6 м, представлена піщаними сланцями, міцністю $f = 5 - 8$. Виходячи з вертикальних розмірів стенда, приймаємо масштаб активної породної товщини, тоді потужність:

– безпосередньої покрівлі:

$$h_c^H = \frac{h_{CH}^i}{M} = \frac{3,2}{4} = 0,8 \text{ м};$$

– основної покрівлі:

$$h_c^0 = \frac{h_{CO}^i}{M} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ м}.$$

Для дотримання кінематичної подібності встановлюємо масштаб часу:

$$c_t = \frac{\tau_H^i}{\tau_C^i} \left[\frac{\text{доб}}{\text{доб}}; \frac{\text{доб}}{\text{год}} \right],$$

де: τ_H^i – час переміщення частинки в природних умовах від однієї точки до другої; τ_C^i – час переміщення однієї частинки (частки) між точками на стенді.

На проектному підземному газогенераторі мінімальна швидкість посування вогневого вибою становитиме $V_H = 2,3$ м/доб.

Для дотримання механічної подібності:

$$\frac{C_p}{C_p \cdot C_l^2 \cdot C_v^2} = 1,$$

де C_p, C_v – масштаби швидкості і тиску.

Породна товща (безпосередньої і основної покрівель) моделювалася з порід, що безпосередньо залягають над пластом і взятих в природних умовах. Для створення подібності монолітності і теплопровідності порід безпосередньої й основної покрівель, породні куски скріплювалися сумішшю шамоту та цементу (4:1). Орієнтовна щільність масиву становила відмінність (похибку) від природної 25%. Середня щільність породної товщі в натурних умовах становить $\gamma = 1,45 \text{ т/м}^3$, звідси можна визначити масштаб щільності (густини)

$$C_p = \frac{\gamma_n}{\gamma_c} = \frac{1,45}{1,45 \cdot 0,75} = 1,32 \text{ Т/М}^3.$$

Масштаб тиску становитиме:

$$C_p = C_p^2 \cdot C_l^2 \cdot C_v^2 = 1,32 \cdot 40^2 \cdot 1^2 = 2112 \text{ т/м}^2 = 21,12 \text{ кг/см}^2,$$

де C_p^2, C_l^2, C_v^2 – масштаби щільності, лінійності та швидкості.

Тиск на вугільний пласт в натурних умовах, при середній глибині залягання пласту $H_n = 135 \text{ м}$ і середній щільності порід, які покривають пласт $\gamma_n = 1,45 \text{ т/м}^3$, становитиме:

$$P_n = H_n \cdot \gamma_n = 135 \cdot 1,45 = 19,6 \text{ кг/см}^2.$$

Тиск на вугільний пласт у модельованих умовах становитиме:

$$P_c = \frac{P_n}{C_p} = \frac{19,6}{21,12} = 0,92 \text{ кг/см}^2.$$

Результати проведених досліджень. Розпалення вугільного пласта здійснюється через боковий отвір (рис. 2) $d = 100 \text{ мм}$ за допомогою розжарених кусків вугілля і дуття з фіксованою подачею кисню (O_2) – 30 %, витрата дуття становила $1,8 - 3 \text{ м}^3/\text{хв}$.

Температура запалення вугілля марки **Г** Солонівської ділянки контролювалася за допомогою пірометра і датчиків температур і складала $397-538 \text{ }^\circ\text{C}$, при тиску $0,14-0,2 \text{ МПа}$.

Фронт прогрівання пласта співпав з довжиною дуття в напрямку прямого пропалення реакційного каналу газогенератора. Тиск збільшився $P = 0,24-0,36 \text{ МПа}$, тепла обробка реакційного каналу здійснювалася зі швидкістю $0,62-0,97 \text{ м/г}$ згідно методики проведення експерименту подача дуття здійснювалася в нагнітальному режимі. Параметри температур фіксувалися за допомогою термопар (стаціонарний режим) і пірометра (динамічний режим) рис. 2.



Рис. 2 – Розпалення і термообробка реакційного каналу з фіксацією температурного режиму: а, в – на термопарах, закладених в безпосередній покрівлі над вогневим вибоєм в стаціонарному режимі з виводом даних на цифровий дисплей та інтерфейс; г) - пірометр в динамічному режимі; б) - стадія розпалення і термообробки реакційного каналу

Перехід на комбінований режим компресор – димосос дозволив знизити тиск $P = 0,14 - 0,31$ МПа і збільшити швидкість теплової обробки $1,1-1,4$ м/год. Процес формування зон реакційного каналу триває протягом 4 год 20 хв. з початку розпалення.

При стабілізації режиму газифікації, через 6 годин експерименту, в 25 см від точки подачі дуття в реакційному каналі за допомогою пірометра була зафіксована температура $550-674$ °С, в 65 см від точки подачі дуття – $780-982$ °С, зменшився вміст кисню O_2 в продуктах СПГВ до 3,8%, вміст вуглекислого газу зменшився до 11,4 %. У безпосередній покрівлі над вогневим вибоєм температура фіксувалася термопарами. На відстані 10 см від точки подачі дуття температура складала $412-471$ °С, 60 см – $583-722$ °С, 110 см – $684-750$ °С, 160 см – $349-425$ °С.

Графік розповсюдження температур залежно від стабільності процесу наведений на рис. 3.

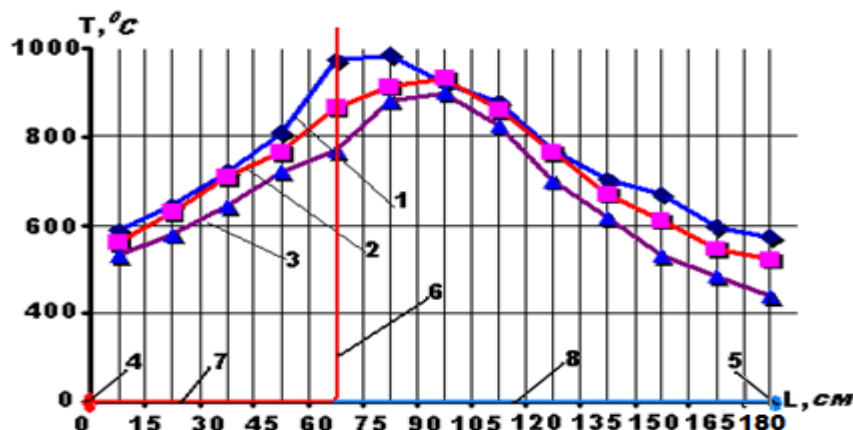


Рис. 3 – Розповсюдження температур (дані термопар, пірометра і апроксимації) по довжині реакційного каналу в залежності від стійкості процесу СПГВ: 1 – графік температур стійкого режиму газифікації вугільного пласта; 3, 4 – графік нестійких режимів газифікації; 4 – точка подачі дуття в реакційний канал; 5 – точка виходу продуктів газифікації; 6 – область переходу процесів газифікації; 7 – окислювальна зона; 8 – відновлювальна зона реакційного каналу стендового газогенератора

При середніх кількісних параметрах дуття $1,86-2,34$ м³/хв вихід генераторного газу склав $2,45-2,78$ м³/хв. Середній показник вологості генераторного газу під час експерименту склав $196,2$ г/м³ генераторного газу.

Для визначення концентрації утворених газів в моделі підземного газогенератора, застосовувалися газоаналізатори VX-170, Casboard-3200L (рис. 4).



Рис. 4 – Газоаналізатори: а) - Casboard 3200L; б) - VX-170

Вихід горючих генераторних газів залежно від дуття і фізичних процесів наведений на рис. 5.

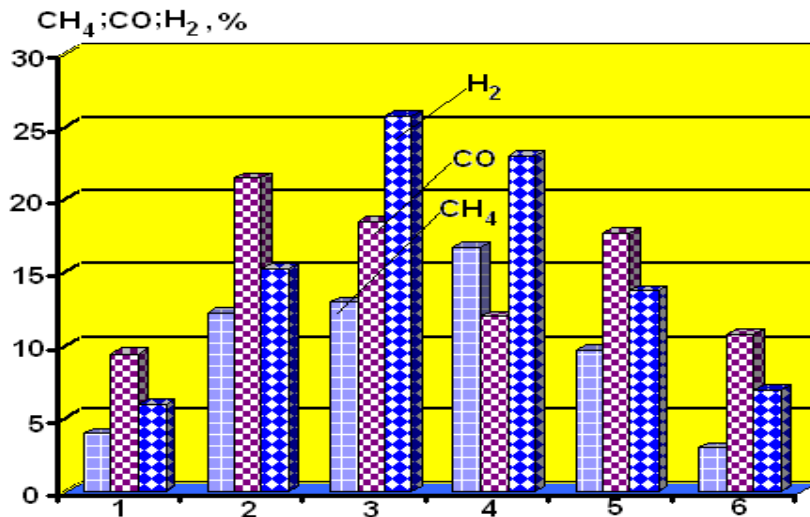


Рис. 5 – Вихід продуктів газифікації (горючих генераторних газів CH_4 , CO , H_2) з урахуванням коефіцієнтів подібності залежно від типу дуття і фізичних процесів: 1 – повітряне дуття; 2 – дуття збагачене O_2 – 25 %; після реверсування; 3 – дуття збагачене O_2 – 30 % і 20 % пари ($T=128^\circ C$), 4 – дуття збагачене O_2 – 27% і 15% пари ($T=128^\circ C$); 5 – дуття збагачене O_2 – 25 % (подача O_2 в імпульсному режимі) і пари 12 % ($T=128^\circ C$); 6 – пароповітряне дуття (подача в імпульсному режимі) O_2 –21 %, пари 10 % ($T=128^\circ C$)

Після 12 годин експерименту спостерігалася дестабілізація процесу газифікації (зниження температури по довжині каналу і вихідного газу, збільшення в складі газів збалансованих елементів), це було, очевидно, у зв'язку зі збільшенням вигазованого простору $S_{пр.в.}=1,08 \text{ м}^2$ і наявності проривів суміші в опорній зоні вогневого вибою у зв'язку з тріщинуватістю шамотної глини, яка застосовувалася як герметика и теплоізолятора.

Враховуючи таку ситуацію, тиск дуття був знижений $P=0,13-0,18 \text{ МПа}$ і введений реверсний режим з імпульсною подачею реагентів у вогневий канал, що дозволило протягом 2,1 години утримувати процес газифікації стабільним. Графік енергії зон окислення і відновлення залежно від складу дуття і фізичних процесів наведений на рис. 6.

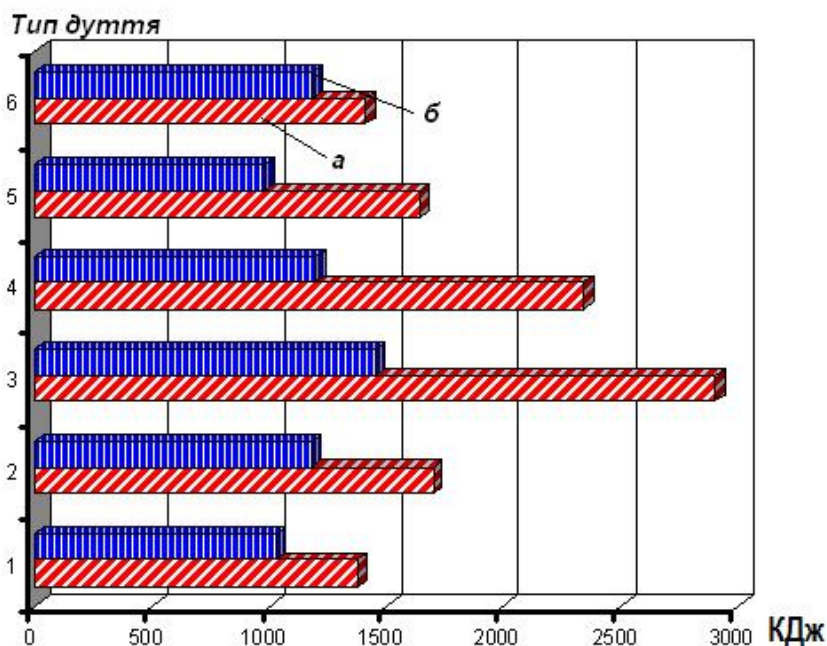


Рис. 6 – Енергія зон реакційного каналу газогенератора стендової установки залежно від типу дуття і фізичних процесів: а – окислювальна зона (екзотермічні реакції); б – відновлювальна зона (ендотермічні реакції)

Баланс енергії зон реакційного каналу газогенератора дозволяє оцінити баланс між протіканням хімічних реакцій і фізичними швидкостями процесів газифікації.

Необхідно відмітити, що нестабільність процесу на першому етапі виникла у зв'язку з відсутністю стаціонарного пристрою із постійним заміром витрат дуття, тому подача дуття здійснювалась фіксовано. Змінити ситуацію вдалося при застосуванні режимів реверсування зон реакційного каналу та імпульсній подачі фіксованих порцій дуття. Каталізатори в ході процесу вигазовування моделі вугільного пласта внаслідок відсутності стаціонарного контролю за витратою дуття з точки зору безпеки проведення експерименту не застосовувалися.

Висновки

1. Кількісні й якісні показники продуктів газифікації імітаційного процесу СПГВ залежать від гірничо-геологічних, гідрогеологічних умов параметрів монтажу і подібності моделі натурним умовам і адаптаційних параметрів вигазовування моделі вугільного пласта.

2. Застосування комбінованої системи подачі збагаченого активними реагентами складу дуття і відводу генераторних газів дозволяє на 40% зменшити час на розпалення пластів і на 32% збільшити швидкість теплової підготовки реакційного каналу газогенератора при зменшенні витрат дуття на 15-18%.

3. Реверсування зон реакційного каналу підземного газогенератора забезпечує необхідний енергетичний баланс зон реакційного каналу газогенератора і температурний режим кінетики ендотермічних реакцій газифікації вугілля.

4. Стабільність процесу газифікації вугільного пласта пов'язана з кількісним, якісним і збалансованим складом дуття, що забезпечується реверсуванням зон реакційного каналу і режимами подачі дуттьових сумішей безпосередньо на вогневий вибір.

5. При стабільному режимі газифікації моделі вугільного пласта, забезпечується вихід генераторного газу 2,11-2,49 м³/кг.вуг. з теплотою згоряння 2,05-2,36 МДж/м³, і складом горючих компонентів в генераторному газі СН₄ – 3,6-15,2 %, СО – 9,5-22,3 %, Н₂ – 6,2-25,8%.

Список літератури

1. Лавров Н.В. физико-химические основы горения и газификации топлива [Текст] / Лавров Н.В.– М.: Металлиздат, 1957.– 40 с

2. Крейнин Е.В., Звягинцев К.Н. Тенденции производства заменителя природного газа методом подземной переработки углей [Текст] / Е.В. Крейнин, К.Н. Звягинцев // Химия твердого топлива.- 1978.- N 3.- С.93-96.

3. Peters J. 3rd International Conference Underground Coal Gasification London. Feb 2008. www.lincenergy.com.au

4. V.S. Falsztinskij, R.E. Diczkowski, V.G. Lozinskij, P.B. Saik Research an Adaptation Processes of the System «Rock and Coal Massif – Underground Gasgenerator» on Stand Setting / Instytut Gospodarki Surowcami mineralnymi i energią Polskiej akademii nauk // Szkoła Eksploatacji podziemnej-21.Krakow, 20-24 lutego// – 2012. – Str 241-254.