

© В.С. Фальштинський¹, О.Г. Кошка¹, В.І. Сулаєв¹

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СВЕРДЛОВИННОЇ ПІДЗЕМНОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ (СПГВ)

© V. Falshtynskyi¹, A. Koshka¹, V. Sulaiev¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

RESEARCH AT THE STAND OF TECHNOLOGY OF UNDERGROUND COAL GASIFICATION THROUGH WELLS (UCGW)

Метою роботи є отримання даних, необхідних для обґрунтування параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля, на фізичній моделі у вигляді стендової установки.

Методи дослідження. Для імітації на стендових установках натурних умов експерименту газифікації вугільного пласта, аналітично встановлюються та вираховуються: геометричні масштаби, масштаби часу, швидкостей, щільності і тиску, масштабні коефіцієнти температур, тепловіддачі та теплопровідності, індикатори гідромеханічної, геометричної, механічної подібності та критерії гомотехності. Отримані геометричні та кількісні параметри моделі підземного газогенератора і матеріально-тепловий баланс процесу газифікації вугільного пласта по ділянках СПГВ, з урахуванням результатів розрахунку критеріїв подібності експерименту використовуються при обладнанні стендової установки для конкретних гірничо-геологічних умов.

Результати. Для обґрунтування параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля в конкретних гірничо-геологічних умовах родовища створена наземна стендова установка підземної газифікації вугілля, що дозволяє імітувати натурні умови газифікації вугільного пласта і розроблена методика проведення досліджень при моделюванні процесів підземної газифікації вугілля. Вона передбачає підготовку моделі до експерименту шляхом формування подошви, покрівлі пласта і самого вугільного пласта з фактичного матеріалу, відібраного в шахті і створення у вугільному пласті каналів для подачі дуття, розпалювання, безпосередньо газифікації вугільного пласта і відведення газів.

Наукова новизна. Використання стендової установки для моделювання процесів підземної газифікації вугілля, та її можливості, дозволяють експериментальним шляхом отримати нові залежності, обґрунтувати оптимальні і безпечні параметри даної технології.

Практичне значення. Використання, при обґрунтуванні параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля, для конкретних гірничо-геологічних умов родовища її фізичної моделі, у вигляді стендової установки, дозволяє зберегти значні кошти та запобігти можливих помилок при проведенні натурних досліджень і впровадженні даної технології у виробництво.

Ключові слова: *свердловинна підземна газифікація вугілля, стендова установка, дослідження, імітація натурних умов, моделювання.*

Вступ. Основні запаси вугілля в Україні зосереджені у тонких та вельми тонких пластах. Їх відпрацювання існуючими технікою та технологіями є витратним та екологічно небезпечним. Однією з можливих альтернатив розв'язання цієї проблеми є технологія свердловинної підземної газифікації вугілля, яка вирішує багато питань сучасної розробки родовищ вугільними шахтами [1]. Ця технологія є

якісним стрибком у розвитку гірництва, та дозволяє внести корінний перелом у розвиток енергетики, хімії, добувної та інших галузей промисловості.

Постановка проблеми. У зв'язку з тим, що нова технологія передбачає підземну газифікацію вугілля у місті його залягання, а саме в гірничо-геологічних умовах, що постійно змінюються, виникають проблеми із проектуванням та обґрунтуванням її параметрів.

Проведені у НТУ «Дніпровська політехніка» аналітичні дослідження [2-3] на підґрунті теорії зрушення гірничого масиву професора О.В. Савостьянова, що відображає особливості поведінки породної товщі над газогенератором (розшарування, утворення тріщин і порожнин розшарування, зрушення шарів відносно один одного), дозволили розробити фізичну та математичну моделі свердловинної підземної газифікації вугілля.

Мета роботи отримання даних, необхідних для обґрунтування параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля, на фізичній моделі у вигляді стендової установки.

Викладання основного матеріалу. Проведення стендових досліджень технології СПГВ потребує аналітичного обґрунтування критеріїв придатності моделі гірничого масиву і процесів газифікації вугільного пласта у масштабі: 1:10, 1:20...40 від натурних умов. Результати аналітичних досліджень враховуються при моделюванні геологічної будови гірничого масиву, технологічних параметрів конструкції газогенератора, фізичних швидкостей і кінетики процесу.

Математична модель матеріально-теплого балансу процесу СПГВ забезпечена програмним продуктом «MTBalance SPGU», розробленим співробітниками кафедри підземної розробки родовищ і кафедри хімії НТУ «Дніпровська політехніка».

Алгоритмом програми передбачається розрахунок процесу газифікації вугільного пласта з урахуванням гірничо-геологічних умов, елементного складу вугільного пласта та порід, що його вміщують, водопритливів, герметичності і прогріву газогенератора [4-5].

Аналітичними дослідженнями обґрунтовується матеріально-тепловий баланс процесу газифікації в умовах, наближених до природи. Результати розрахунків наведені у таблицях 1 і 2.

Таблиця 1

Параметри матеріального балансу СПГВ

Тип дугтя	Склад генераторного газу, %							* $Q_{н.т.}$ МДж/м ³	* $V_{в.г.}$ г/м ³
	H ₂	CH ₄	CO	N ₂	H ₂ S	CO ₂	O ₂		
Повітряне	4,15	3,88	10,26	77,27	0,22	3,68	0,54	2,86	206
Пароповітряне	15,29	7,43	8,05	48,86	0,29	19,30	0,78	3,91	311
Кисень+пара	22,21	7,79	6,02	37,51	0,33	24,98	1,16	7,26	309
Кисень+вуглекислий газ +пара	16,34	8,18	20,7	11,27	0,31	42,06	1,14	6,32	287
Кисневе	8,16	6,53	22,45	21,46	0,32	39,89	1,19	7,21	195
Кисень + вуглекислий газ	8,27	6,83	26,37	11,73	0,34	45,31	1,15	6,68	236

* $Q_{н.т.}$ - нижня теплота згорання генераторного газу; * $V_{в.г.}$ - вологість генераторного газу.

Вихід основних хімічних продуктів газифікації вугільного пласта
при моделюванні процесу СПГВ

Тип суміші дуття	Вихід хімічних продуктів, кг на 0,922 т газифікованого вугілля			
	Кам'яновугільна смола	Бензол	Аміак	Сірка
O ₂ N ₂	113,2	20,48	42,8	1,02
H ₂ O(пара)+O ₂ N ₂	145,1	43,7	59,6	1,02
O ₂ (30–62%)N ₂	148,5	44,1	46,1	1,2
O ₂ +пара	161,4	36,2	65,8	1,04
CO ₂ +O ₂	170,6	45,3	49,2	1,1
CO ₂ +O ₂ +H ₂ O(пара)	173,9	38,2	60,6	1,12

Стендовий експеримент дозволяє:

- встановити функціональні залежності зміни складу генераторного газу СПГВ у міру збільшення вигазованого простору при постійних витратах дуття і комбінованій схемі подачі реагентів дуття з урахуванням вологості порід підосви та покрівлі пласта та зольності вугілля (материнської і привнесеної при формуванні моделі гірського масиву);

- встановити параметри прогріву безпосередньої покрівлі пласта над вигазованим простором, з урахуванням змін стану порід при збільшенні виробленого простору газогенератора;

- встановити параметри формування реакційного газогенератора з урахуванням режимів розпалу пласта, активізацією зони окислення по всій довжині вогневого вибою (процес спалювання вугілля ПСВ) з переходом до формування зони відновлення (процес СПГВ),

- виконати дослідження інертності вугільного пласта до його розпалу у комбінованій системі підігріву, подачі дуття та відводу генераторних газів;

- дослідити швидкості переміщення точки подачі дуття по мірі вигазування вугільного пласта з урахуванням температур процесу газифікації;

- дослідити втрати тиску дуття і газу по мірі змін виробленого простору газогенератора;

- обґрунтувати кількісний і якісний склад конденсату та золи при газифікації вугільного пласта з урахуванням його елементного складу.

Комплексність проведення експерименту дозволяє підтвердити ряд аналітичних рішень і перенести їх у площину реальних рекомендацій при проектуванні енергохімічних підприємств з видобутку й комплексної переробки вугілля на місці його залягання.

Для імітації на стендових установках натурних умов експерименту газифікації вугільного пласта встановлюються: геометричні масштаби, масштаби часу, швидкостей, щільності і тиску, масштабні коефіцієнти температур, тепловіддачі та теплопровідності, індикатори гідромеханічної, геометричної, механічної подібності та критерії гомохронності. Отримані геометричні та кількісні параметри

моделі підземного газогенератора і матеріально-тепловий баланс процесу газифікації вугільного пласта по ділянках СПГВ з урахуванням результатів розрахунку критеріїв подібності експерименту представлені у таблиці 3.

Таблиця 3.

Геометричні та кількісні параметри моделі підземного газогенератора.

Тип дуття	Параметри дуття, м ³ /год	V _{в.в.} , м/добу	I _{п.г.} , кг/ч	T _{max.} , °C	P _{р.к.} , МПа	G _{г.г.} , м ³ /кг	T _{г.г.в.} , °C
Дільниця СПГВ №1 (пласт C ₆ ¹ , m = 0,9 м, марки Г) Соленівського родовища							
Повітряне	134,5	1,1	22,9	977	0,15-0,17	2,14	178
Параповітряне	172,4	1,18	23,6	961	0,16-0,19	2,23	185
O ₂	36,2						
H ₂ O(пара)	56,9						
N ₂	79,3						
Кисневе	126,7	1,05	21,2	1060	0,2-0,35	1,82	218
O ₂	78,6						
N ₂	48,1						
Кисень+пара	123,6	1	19,8	1012	0,26-0,3	1,88	207
O ₂	55,6						
H ₂ O(пара)	39,8						
N ₂	28,2						
Кисень +CO ₂	121,2	1	19,8	1029	0,25-0,3	1,74	215
O ₂	75,2						
CO ₂	18,2						
N ₂	27,8						
Кисень +CO ₂ + пара	118,5	1	19,8	1018	0,25-0,3	1,77	210
O ₂	42,9						
CO ₂	18,2						
H ₂ O(пара)	57,4						
Геометричні параметри моделювання породовугільної товщі							
m _{в.п.} , М	m _{н.п.} , М	m _{о.п.} , М	l _{р.к.} , М	D _{р.к.} , М	D _{е.с.} , М	m _{н.с.п.} , М	L _{е.с.} , М
0,23	0,8	1,5	1,9	0,2	0,1	0,1	2,0

Порядок формування вугільної та породної товщі на модульному стенді з урахуванням розроблених критеріїв подібності представлений на рис. 1.

Перед проведенням експерименту стендова установка обладнується дренажною системою, після чого виконують теплоізоляцію стенду за допомогою жаростійкої цегли, яка викладається в один ряд на дренажну систему по контуру стенду на висоту безпосередньої покрівлі пласта (рис. 1, а).

Потім викладається вугільний масив і скріплюється цементним розчином (1 частина цементу на 10 частин вугільного штибу). У пласті залишається простір для імітації нагнітальної та газовідвідної свердловин і каналу газифікації. Реакційний канал формується з шматків вугілля фракцією 25-58мм, імітуючи гідророзрив пласта від дуттевої до газовідвідної свердловини.

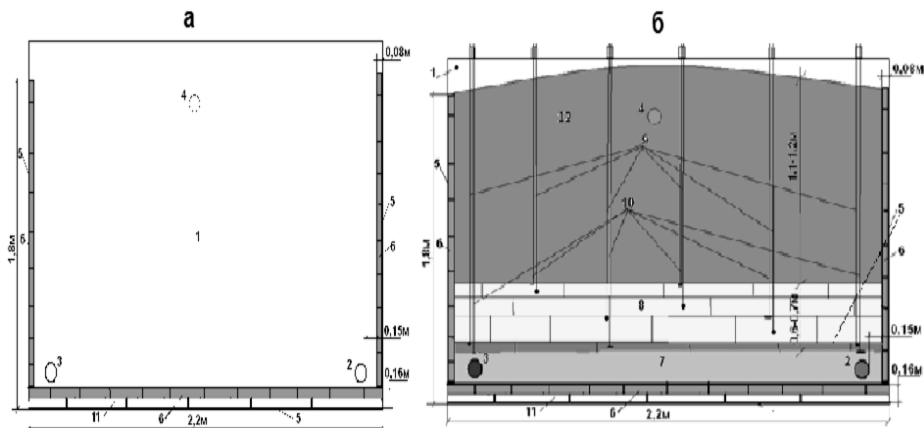


Рис. 1. Порядок формування гірничого масиву на стендовій установці: а) теплоізоляція стенду СПГВ: 1 – стенд; 2 – дугтєвий отвір (у стенді); 3 – газовідвідний отвір; 4 – закладний отвір; 5 – шамот; 6 – жаростійка цегла; 11 – дренажна система.
 б) монтаж стенду СПГВ (формування вугільної та породої товщі): 1 – стенд; 2 – дугтєва свердловина; 3 – газовідвідна свердловина; 4 – закладна свердловина; 5 – шамот; 6 – жаростійка цегла; 7 – вугільний пласт; 8 – безпосередня покрівля; 9 – термодатчики; 10 – реперні датчики; 11 – дренажна система; 12 – основна покрівля.

Формування вугільного пласта здійснюється після висихання теплоізоляції стенду. Вугілля для проведення експерименту по ділянці СПГВ № 1, Соленовського родовища, пласта C_6^1 , марки Г, потужністю $m = 0,9$ м, відібране на шахті «Степова» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» з пласта C_6^1 .

Для формування пласта в моделі використовуються шматки вугілля, розмірами $1500 \times 600 \times 200$ мм; $250 \times 250 \times 200$ або $200 \times 200 \times 200$ мм (Рис. 2).

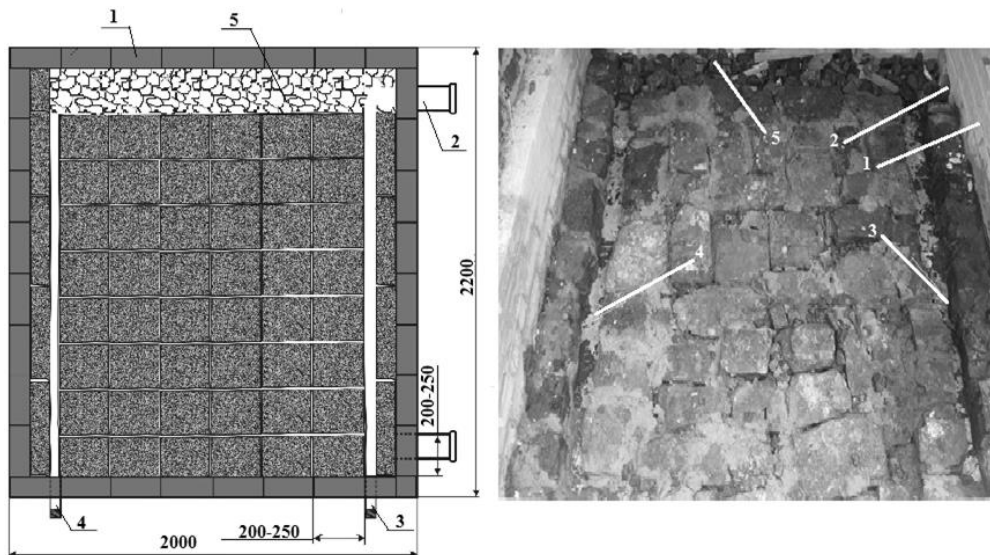


Рис. 2. Формування вугільного пласта блоковими шматками: 1 – теплоізоляція стенду; 2 – розжигова свердловина; 3 – дугтєва свердловина; 4 – газовідвідна свердловина; 5 – реакційний канал; 6 – вугільні блокові шматки.

Для проведення експерименту достатньо 2,5 т вугілля, марки Г, а також 500 кг вугільного штибу з фракцією $\varnothing 0-6$ мм.

Формування основної і безпосередньої покрівлі виконується після формування вугільного пласта породами, що залягають безпосередньо над пластом. Шматки шахтної породи покрівлі і підшви пласта утворюють моноліт за допомогою шамотного розчину, що забезпечує дотримання в модельних умовах теплових коефіцієнтів.

Потужність основної і безпосередньої покрівлі визначається розрахунковим шляхом при моделюванні робочих параметрів процесу СПГВ за критеріями подібності до натурних умов. Виходячи з розрахунків, потужність безпосередньої покрівлі дорівнює 0,8 м, потужність основної покрівлі – 1,5 м.

Покрівля укладається з урахуванням коефіцієнтів теплопровідності, теплоємності, температуропровідності порід безпосередньої покрівлі (піщанистий і глинистий сланець):

$$\lambda = 1,56 \frac{\text{КДж}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{град}}; C = 1,24 \cdot 10^3 \frac{\text{КДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{град}}; a = 0,41 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 / \text{год}$$

та основної покрівлі (пісковик і піщаний сланець):

$$\lambda = 1,69 \frac{\text{КДж}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{град}}; C = 0,97 \cdot 10^3 \frac{\text{КДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{град}}; a = 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 / \text{год}$$

Загальний вигляд експериментальної стендової установки СПГВ наведено на рис. 3.



Рис. 3. Загальний вигляд експериментальної стендової установки СПГВ:
 1 – металевий ящик; 2 – бак-розширювач; 3 – бак-охолоджувач генераторного газу з накопичувачем конденсату 4; 5 – газовідвідний трубопровід з датчиком ИРВИС 6; 7 – апарат очистки генераторного газу від сірководню;
 8 – димовідсос з перехідним патрубком 9; 10 – вертикальна труба для відводу газу; 11 – система розподілу, реверсу дуття та генераторного газу;
 12 – компресор резерву; 13 – головний компресор; 14 – парогенератор;
 15 – система контролю кількісних показників системи дуття та газовідводу.

Стендова установка складається з окремих елементів: моделі підземного газогенератора у вигляді випробувального стенду (металевий ящик із сформованим у ньому гірничим масивом), компресора, дуттєвого і газовідвідного трубопроводів та контрольно-вимірювальної апаратури.

Перед початком експерименту проводять огляд стендової установки, рухливих насадок, обладнання та апаратури, перевіряється їх працездатність. Оглядаються експериментальні зразки насадок, заміряються їх геометричні розміри, проводиться зважування і визначається поверхнева твердість корпусу насадки по Бринелю. Потім перевіряється стенд на холостому ході (у холодному режимі), пласт розпалюють і здійснюють процес газифікації (гарячий режим).

Розпал здійснюється за допомогою розпечених шматків вугілля і дуття збагаченого киснем (O_2 – до 42%, витрата дуття – 0,2-0,3 м³/хв). Необхідний обсяг коксу – 20-30 кг на один експеримент. Температура займання для вугілля марки Г Селезнівського родовища становить 315-328⁰С.

Подача дуття під час розпалу здійснюється комбінованим способом: нагнітанням компресором із роботою димососа, для створення розрядження у реакційному каналі для його прожигу. Після прожигу реакційного каналу здійснюється перехід режиму подачі дуття на нагнітальний спосіб зі збільшенням тиску від 0,18 до 0,35 МПа.

При проведенні експерименту шляхом зміни тиску і витрат дуття установка виводиться на стійкий режим газифікації. Проведення експериментів починається з визначення довжини вогневого вибою. Для цього в корпусі моделі підземного газогенератора передбачено п'ять отворів.

Під час роботи установки визначаються наступні параметри: швидкість переміщення насадки (мм/год), тиск подачі дуття (МПа), витрати дуття (м³/хв), склад вихідних газів, температура в каналі газифікації і газовідвідному каналі (⁰С).

Облік дуття, що надійшло і отриманих газів проводиться перетворювачами витрат (ИРВИС-К300). Лічильники призначені для об'ємного обліку неагресивних газів. Тиск газу не повинен перевищувати 1,7 МПа.

Відведення газів від моделі здійснюється по трубі, з'єднаній з відстійником конденсату. На трубі є засувка і штуцер для відбору проб газу. Очищення газів здійснюється в баку-фільтрі шляхом пропуску газів через три шари мінеральної вати.

Для визначення концентрації газів, що утворюються в моделі підземного газогенератора, застосовуються газоаналізатори ВХ-170, Gasboard-3200L обладнанні інтерфейсом та хроматограф («Поиск 2»).

Для визначення параметрів поля застосовується система термодавачів із перетворювачами сигналу обладнаних інтерфейсом.

Витратоміри (ИРВИС) на дуттєвій та газовідвідній гілках стенду підземного газогенератора також обладнані інтерфейсами і ноутбуками, що забезпечує постійний і безперервний контроль і накопичення інформації за ходом експерименту

Детектування компонентів аналізованої суміші газів здійснюється комбінованим детектором за теплопровідністю і теплотою згорання.

Схема відводу газу наведена на рис. 4.

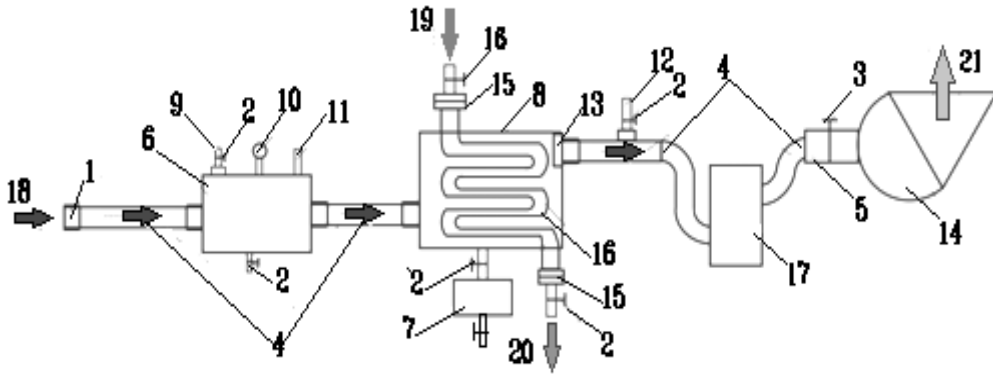


Рис. 4. Схема відводу газу: 1 – перехідник з внутрішнім різьбленням; 2 – кран; 3 – шибер; 4 – трубопровід $d = 50\text{мм}$, $L_1 = 800\text{мм}$, $L_2 = 500\text{мм}$, $L_3 = 400\text{мм}$; 5 – трубопровід $d = 80\text{-}100\text{мм}$, $L = 500\text{мм}$; 6 – ресивер (розширювальний бак), $h = 250\text{мм}$, $b = 300\text{мм}$, $L = 300\text{мм}$; 7 – бачок зливний $h = 150\text{мм}$, $b = 150\text{мм}$, $L = 150\text{мм}$; 8 – бак для збору конденсату і охолодження газу, $h = 750\text{мм}$, $b = 600\text{мм}$, $L = 600\text{мм}$; 9 – кран для відбору проб газу; 10 – манометр; 11 – термометр (термопара); 12 – кран для відбору проб газу газоаналізатором в потоковому режимі; 13 – фільтр; 14 – димосос; 15 – з'єднання; 16 – рекуператор трубчастий спіральний; 17 – вапняний фільтр; 18 – генераторний газ; 19 – холодна вода; 20 – гаряча вода; 21 – очищений газ.

Управління процесом газифікації здійснюється подачею дугтя гнучким активним трубопроводом з жаростійкою насадкою для варіювання тиском в зоні окислення (екзотермічних процесів) і комбінованого (пульсуючого) відведення генераторних газів із зони відновлення (ендотермічних процесів) газогенератора, з метою забезпечення рівноваги фізичних швидкостей і кінетики реакцій.

При проведенні експерименту на модельній установці СПГВ отримані наступні результати:

- витрати дугтя на газифікацію ($0,65\text{-}0,95\text{ м}^3/\text{хв}$), за витратоміром (ИРВИС) з видачею показань на перетворювач, обладнаний інтерфейсом;
- тиск нагнітання ($0,15\text{-}0,35\text{ МПа}$), за манометрами;
- температура в осередку горіння, у вугільному пласті і бічних породах ($400\text{-}1100\text{ }^\circ\text{C}$) – термодавачами з видачею показань на перетворювач обладнаний інтерфейсом;
- кількість утворюваного газу ($1,4\text{-}2,03\text{ м}^3/\text{хв}$), за витратомірами;
- тиск на виході газовідвідного трубопроводу $0,17\text{ МПа}$ – манометром;
- склад одержуваного газу, $20\text{-}32\%$ – портативним і стаціонарними газоаналізаторами, обладнаними інтерфейсом і хроматографом;
- теплота згоряння газу ($2,18\text{-}3,06\text{ МДж}/\text{м}^3$), розрахунковим шляхом.

При роботі стенду, протягом усього експерименту контролюються також: характер руху вогневого вибою і перерозподіл температури у вугільному пласті – за допомогою термодавачів з виведенням інформації на інтерфейс.

Контрольний відбір генераторного газу на газовідвідному трубопроводі та його аналіз на хроматографі «Поиск 2» здійснюється з інтервалом у 1-3 години.

Характер зрушення порід покрівлі з посуванням вогневого вибою моделі газогенератора фіксується реперними датчиками з виведенням інформації на інтерфейс.

Хід вимірювань фіксуються на ПК в програмі «Журнал спостережень і реєстрації експериментальних даних» Результати досліджень оформляються протоколом, що містить відомості про послідовність, характер і результати досліджень.

За результатами експерименту коригуються параметри математичного моделювання підземного газогенератора і процесу газифікації вугільного пласта. Скориговані параметри є рекомендаціями при проектуванні станцій свердловинної підземної газифікації вугілля. Це дозволяє зберегти значні кошти і уникнути можливих помилок при проведенні натурних досліджень і впровадженні даної технології у виробництво.

Висновки. У НТУ «Дніпровська політехніка» створена наземна стендова установка підземної газифікації вугілля і розроблена методика проведення випробувань з моделювання особливостей експлуатації дуттєвих свердловин з точкою подачі дуття, що переміщується, яка передбачає підготовку моделі до експерименту шляхом формування підшови і покрівлі пласта, самого вугільного пласта, формування каналів у вугільному пласті для подачі дуття, газифікації, розпалювання вугільного пласта і відведення газів.

Дана установка дозволяє моделювати процеси свердловинної підземної газифікації вугілля. За отриманими результатами експериментів коригуються параметри математичного моделювання підземного газогенератора і процесу газифікації вугільного пласта. Скориговані параметри є рекомендаціями при проектуванні станцій СПГВ.

Перелік посилань

1. Колоколов, О.В., Табаченко, Н.М., & Эйшинский, А.М. (2000). *Теория и практика термохимической технологии добычи и переработки угля*. Монография. Национальная горная академия. Днепропетровск.
2. Савостьянов, О.В., Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., & Руських, В.В. (2007). Механізм поведінки породної товщі при свердловинній підземній газифікації тонких вугільних пластів. *Науковий вісник НГУ*, (10), 12-16.
3. Falchtynskyu, V. S., Dychkovskyi, R.O., Lozynskyi, V.G., & Saik, P.B. (2012). 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. 241-254.
4. Lozynskyi, V.G., Dychkovskyi, R.O., Falshtynskyi, V. S., Saik, P.B. & Malanchuk Ye.Z. (2016). Experimental study of the influence of crossing the disjunctive geological faults on thermal regime of underground gasifier. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universsytetu*, (5), 21-29.
5. Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., Табаченко, М.М., Кошка, Д.О., & Сулаєв, В.І. (2008). Штучна герметизація порід покрівлі і вигазованого простору при свердловинній підземній газифікації вугілля. *Науковий вісник НГУ*, (10), 16-23.

АННОТАЦИЯ

Целью работы является получение данных, необходимых для обоснования параметров технологии скважинной подземной газификации угля, на физической модели в виде стендовой установки.

Методы исследования. Для имитации на стендовых установках натуральных условий эксперимента газификации угольного пласта, аналитически устанавливаются и рассчитываются: геометрические масштабы, масштабы времени, скоростей, плотности и давления, масштабные коэффициенты температур, теплоотдачи и теплопроводности, индикаторы гидромеханической, геометрической, механической подобности и критерии гомохронности. Полученные геометрические и количественные параметры модели подземного газогенератора и материально-тепловой баланс процесса газификации угольного пласта по участкам СПГУ, с учетом результатов расчетов критериев подобности эксперимента, используются при оборудовании стендовой установки для конкретных горно-геологических условий.

Результаты. Для обоснования параметров технологии скважинной подземной газификации угля в конкретных горно-геологических условиях месторождения создана наземная стендовая установка подземной газификации угля, позволяющая имитировать натурные условия газификации угольного пласта, и разработана методика проведения исследований при моделировании процессов подземной газификации угля. Она предусматривает подготовку модели к эксперименту путем формирования почвы, кровли пласта и самого угольного пласта из фактического материала, отобранного в шахте и создания в угольном пласте каналов для подачи дутья, розжига, непосредственно газификации угольного пласта и отвода газов.

Научная новизна. Применение стендовой установки для моделирования процессов подземной газификации угля и ее возможности позволяют экспериментальным путем получить новые зависимости, обосновать оптимальные и безопасные параметры данной технологии.

Практическое значение. Применение, при обосновании параметров технологии скважинной подземной газификации угля, для конкретных горно-геологических условий месторождения ее физической модели, в виде стендовой установки, позволяет сохранить значительные средства и избежать возможных ошибок при проведении натуральных исследований и внедрении данной технологии в производство.

Ключевые слова: *скважинная подземная газификация угля, стендовая установка, исследования, имитация натуральных условий, моделирование.*

ABSTRACT

The purpose of the research is to obtain data required to substantiate parameters of underground coal gasification through wells using physical model in the form of a stand unit.

Research methods. To simulate full-scale experimental conditions, concerning coal seam gasification, the following has been determined analytically and calculated: geometry, scales of time, velocities, density, and pressure; scale coefficients of temperature, heat transfer and thermal response; indicators of hydromechanical, geometrical, and mechanical similarity; and homochronicity criteria. The obtained geometrical and quantitative parameters of underground gas generator model as well as heat and material balance of a coal seam gasification process in the context of UCGW areas involving similarity criteria calculation results are used while equipping a stand unit for the specific mining and geological conditions.

The results. To substantiate parameters of underground coal gasification for the specific mining and geological conditions, a stand unit, making it possible to simulate full-scale conditions of coal seam gasification, has been designed and research procedure to simulate underground coal gasification

processes has been developed. It provides for the preparation of the model for the experiment by forming the soil, roof and the coal seam of the actual material selected in the mine and creating channels in the coal seam for blowing, igniting, directly gasifying the coal seam and venting gas.

Scientific novelty. Use of the stand unit to simulate underground coal gasification processes and its performance capabilities help obtain experimentally new dependences, and substantiate both optimal and safe parameters of the technique.

The practical significance. When parameters of underground well coal gasification method for the specific mining and geological conditions are substantiated, the use of its physical model in the form of a stand unit makes it possible to save significant money resources and avoid possible mistakes while carrying out full-scale research and putting the technology into operation.

Keywords: *underground well coal gasification, stand unit, research, simulation of full-scale conditions, modeling.*