

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, старшого наукового співробітника Зберовського Василя Владиславовича на дисертаційну роботу

Лозинського Василя Григоровича

«Наукові основи воднево-орієнтованої підземної когазифікації вугілля», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалин

Відгук підготовлено на підставі всебічного аналізу рукопису дисертаційної роботи, реферату, опублікованих здобувачем наукових праць та матеріалів, які підтверджують практичну реалізацію та впровадження отриманих результатів дослідження, що дозволило визначити наступні висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, достовірності, наукової новизни, висновків, практичного значення та загальної оцінки роботи.

1. Актуальність обраної теми досліджень та зв'язок з науковими програмами, планами та темами

На сьогодні вугілля залишається одним із базових енергетичних ресурсів світової економіки, забезпечуючи значну частку виробництва електроенергії та зберігаючи важливе значення для металургії й хімічної промисловості. Попри активний розвиток відновлюваних джерел енергії, його роль залишається суттєвою завдяки великим розвіданим запасам, доступності та стабільності постачання.

В умовах глобальних економічних і екологічних викликів, пов'язаних зі зміною клімату, посиленням вимог до екологічної безпеки та переходом до низьковуглецевої економіки, вугільна галузь потребує технологічного оновлення. Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку є технології засновані на газифікації вугілля. Ефективність підземної газифікації визначається інтенсивністю термохімічних реакцій у підземному газогенераторі. Ключовими проблемами цієї технології є недостатній розвиток окислювально-відновних процесів у геореакторі, визначенні параметрів газодуттєвого потоку та управління посуванням вогневого вибою з метою забезпечення стабільної роботи геореакторної системи. Традиційні методи інтенсифікації супроводжуються підвищенням енерговитрат і собівартості. Разом з тим, у контексті формування водневої енергетики та досягнення стратегічних цілей декарбонізації зростає інтерес до підземної когазифікації вугілля з орієнтацією на отримання водню як висококалорійного та екологічно привабливого енергоносія. Такий підхід поєднує переваги використання вугілля з виробництвом перспективного енергоносія майбутнього та відкриває перед вугільною галуззю нові можливості розвитку. У зв'язку з викладеним, обрана тема дослідження є безперечно актуальною та відповідає сучасним науковим та прикладним викликам у гірничодобувній галузі.

Дисертаційна робота виконана відповідно до плану держбюджетних робіт Міністерства освіти і науки України на період 2016 – 2025 рр.:

– ГП-487 «Наукове обґрунтування та розробка енергоефективних маловідходних технологій видобування вуглеводневої та мінеральної сировини»;

– ГП-489 «Наукові основи формування єдиної системи збереження та генерації енергії об'єктів паливно-енергетичного комплексу України»;

– ГП-500 «Синтез, оптимізація та параметризація інноваційних технологій освоєння ресурсів газовугільних родовищ»;

– ГП-503 «Геотехнологічні основи формування енергохімічних комплексів вугледобувних регіонів»;

– ГП-511 «Науково-практичні засади структурних трансформацій вугледобувних підприємств на основі інноваційних технологій раціонального природокористування»;

– ГП-512 «Когазифікація вуглецевмісної сировини при вигазовуванні надтонких вугільних пластів з орієнтацією на отримання водню»;

– ГП-516 «Науково-практичні засади технології газифікації низькосортного вугілля».

Дисертаційна робота відповідає основним напрямкам розвитку паливно-енергетичного комплексу України на період до 2030 року, а також цілям Паризької кліматичної угоди, прийнятої в межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату.

2. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна

Наведені в дисертації наукові положення, теоретичні та практичні результати досліджень є достатньо обґрунтованими та змістовними, оскільки базуються на використанні апробованих методів теоретичних та експериментальних досліджень та застосуванні: основних положень теорії теплообміну, термодинаміки та кінетики хімічних реакцій; принципів математичної статистики та чисельно-аналітичному підході до моделювання процесів; достатнім обсягом виконаних експериментів та високою вірогідністю результатів досліджень (збіжність отриманих результатів становить 82 – 96%).

Наукові положення, що наведені в роботі:

1. Концентрація водню в генераторному газі процесу підземної когазифікації при застосуванні парокисневого дуття (O_2 – 42%, $H_2O_{\text{пара}}$ – 10%) зі зниженням енергії активації з 200,0 до 179,8 кДж/моль змінюється лінійно, досягаючи максимуму (10,56%) при вмісті біомаси в шихті $\geq 75\%$, забезпечуючи оптимальне співвідношення H_2/CO на рівні 0,6. Це дає можливість спрогнозувати теплотворну здатність генераторного газу (LHV) та ефективність ведення процесу воднево-орієнтованої підземної когазифікації, а також адаптувати синтез-газ до потреб хімічних технологій без зміни базових параметрів процесу когазифікації;

2. Ефективний час (t) подачі парокисневого дуття ($O_2 - 42\%$, $H_2O_{\text{пара}} - 10\%$) у газогенератор при підземній когазифікації визначається циклічністю активізації окислювальної зони кисневим дуттям ($O_2 - 42\%$) і залежить від теплового ефекту залучених органічних компонентів (суміш вугільного пилу і біомаси у співвідношенні 1:3) із сумарним внеском 63% вуглецю до базового значення вугілля як граничне значення. Це дає змогу прогнозувати режим роботи підземного газогенератора в температурному діапазоні 1000 – 1050°C;

3. Застосування намагніченого парокисневого дуття підвищує лінійну швидкість посування вогневого вибою з 1,37 до 1,54 м/добу, збільшуючи площу вигазовування на 12,4%, що забезпечує скорочення інтервалу реверсування з 2,6 до 2,0 діб при віддаленні середини окислювальної зони на довжину 5,0 м від початкового значення. Врахування параметрів реверсування дає змогу запобігти надмірному видовженню реакційного каналу і забезпечить стабільну роботу геореакторної системи при інтенсифікації процесу когазифікації.

3. Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

– вперше встановлено залежність впливу концентрації кисню у дутті на швидкість посування вогневого вибою газогенератора, апроксимовану за моделлю насичення типу Міхаеліса-Ментена;

– вперше встановлено залежність зниження енергії активації реакцій газифікації під дією магнітного поля, яка спричиняє експоненціальне підвищення константи швидкості реакції, що відображається у значенні коефіцієнта перетворення F ;

– адаптовано чисельно-аналітичний підхід до моделювання процесу когазифікації вуглецевмісної сировини в реакційному каналі підземного газогенератора із використанням $k-\varepsilon$ турбулентної моделі та методу незмішуваного горіння з урахуванням густини розподілу ймовірностей (PDF);

– вперше встановлено закономірності теплової взаємодії високотемпературної зони окислення з вміщуючими породами, які виражаються експоненціальним зниженням безрозмірної температури θ зі збільшенням критерію Фур'є Fo , збільшенням кумулятивних теплових втрат ΔQ з часом τ та зменшенням відносних втрат тепла η ;

– розроблено та протестоване математичну модель теплового балансу реакційного каналу з урахуванням теплопровідності вугілля і вміщуючих порід, яка дає змогу визначати тепловий режим когазифікації та прогнозувати термостабільність високотемпературної зони окислення;

– вперше встановлено залежності зміни нижчої теплоти згоряння генераторного газу процесу підземної когазифікації за різних поєднань вуглецевмісної сировини в шихті та типів окислювача; залежності зміни мольних часток компонентів генераторного газу процесу підземної когазифікації при магнітній активації парокисневого дуття за різних поєднань вуглецевмісної сировини; залежності впливу намагніченого парокисневого

дутьтя на динаміку посування вогневого вибою та зміну періодичності реверсування дуттьових потоків;

- визначено граничні умови ефективного часу подачі парокисневого дуття з урахуванням циклічної активізації високотемпературної зони окислення та теплового ефекту компонентів вуглецевмісної сировини.

- подальший розвиток отримала концепція воднево-орієнтованої підземної когазифікації вугілля як інтегрованого термохімічного процесу, в якій враховано вплив складу вуглецевмісної сировини, типу дуття, параметрів високотемпературної зони окислення і зовнішніх фізичних впливів на тепловий баланс, кінетику реакцій і стабільність роботи геореакторної системи.

Практичне значення отриманих результатів полягає у:

- можливості їх застосування для вдосконалення технологічних процесів підземної когазифікації вугілля з орієнтацією на отримання водню;

- обґрунтуванні пріоритетних способів інтенсифікації процесу підземної газифікації на основі методологічного підходу PRISMA з подальшим семантичним зіставленням термінів;

- визначені та обґрунтовані параметрів концентрації кисню у дутті, що забезпечують розрахункову швидкість вигазування вугілля;

- обґрунтуванні стабільного режиму роботи підземного газогенератора залежно від складу шихти, типу дуття та впливу магнітного поля для підвищення виходу водню;

- розробки методики прогнозування теплового режиму газогенератора на основі математичної моделі теплового балансу реакційного каналу процесу когазифікації;

- розробки методики визначення граничних умов ефективного часу подачі парокисневого дуття з урахуванням циклічної активізації високотемпературної зони окислення, що забезпечує стабільну роботу підземного газогенератора;

- визначенні параметрів газодуттьового потоку та управління посуванням вогневого вибою з метою забезпечення стабільної роботи геореакторної системи;

- розробки технологічної схеми підземної когазифікації вугілля з орієнтацією на підвищене виробництво водню, яка враховує попереднє намагнічування парокисневого дуття та оптимізацію складу вуглецевмісної сировини;

- обґрунтуванні економічної ефективності технології підземної когазифікації на основі інкрементального порівняння показників з визначенням індексу переваги;

- інтегрованому підході та удосконаленні критеріїв оцінки придатності вугільних пластів до підземної газифікації вугілля з урахуванням процесу когазифікації при магнітній активації парокисневого дуття на основі багатокритеріального аналізу з використанням методу індексу переваг (PSI).

На основі виконаних досліджень розроблено низку методик і рекомендацій для ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», ПАТ «Львівська вугільна компанія», ТОВ «ЗАХІД ТРЕЙД РЕСУРС».

Використання отриманих результатів досліджень підтверджено Актом впровадження у ПАТ «Львівська вугільна компанія».

4. Оцінка структури та змісту роботи, повнота викладу положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел із 467 найменування, 3 додатків на 27 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 472 сторінки, у тому числі 121 рисунок та 23 таблиці.

Робота викладена грамотно, з використанням сучасної термінології, є послідовно і логічно завершеною. Оформлення роботи відповідає вимогам ДСТУ – 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення». Обсяг дисертації та автореферату відповідає встановленим нормам.

У вступі обґрунтовано наукову й практичну актуальність тематики дослідження, встановлено її відповідність пріоритетним напрямам наукових програм, планів і тематичних робіт. Наведено мету, провідну ідею та комплекс поставлених завдань, окреслено об'єкт і предмет дослідження, а також наведено характеристику застосованих методів. Представлено основні наукові положення, що виносяться на захист, визначено елементи наукової новизни, теоретичну та прикладну значущість отриманих результатів. Подано відомості про особистий внесок здобувача, форми апробації результатів, а також структурну організацію дисертаційної роботи.

Перший розділ дисертації присвячено комплексному аналізу світового досвіду підземної газифікації вугілля, узагальненню науково-технічних передумов і ключових тенденцій розвитку цієї технології. За допомогою бібліометричної оцінки та візуалізації виявлених чинників наукової активності досліджень підземної газифікації вугілля та географічного розподілу публікацій за країнами та авторами, визначено фактори, що впливають на формування проблем у газифікації, та виконано критичний аналіз процесу підземної газифікації вугілля. Ідентифіковано провідні дослідницькі напрями, а також визначено актуальні підходи до інтенсифікації процесів газифікації на основі поглибленого критичного аналізу наявних наукових розробок.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячено дослідженню хімізму процесів підземної газифікації вугілля. Сформульовані невирішені проблеми процесу газифікації. Перша полягає в тому, що під час підземної газифікації вугілля, коли основний тепловий вплив надходить з окислювальної зони, реакції не встигають завершитись через обмежений розмір відновлювальної зони з відповідною температурою, що призводить до недостатнього перетворення CO_2 та H_2O на CO та H_2 , а також до зниженого енергетичного ККД процесу. Друга у тому, що при руху газодуттєвого потоку збільшується простір, деформації та об'єми обвалення порід до зони газифікації, а нерівномірність посування реакційних зон газифікації призводить до відсутності потрібної протяжності реакційної зони. Наведені сутність та переваги газифікації, визначені задачі експериментальних досліджень, узагальнені ключові показники та встановлені залежності між ними та конструктивними особливостями газогенератора.

Наведено встановлені закономірності взаємодії вуглецевмісної речовини з компонентами дуття та механізмів перебігу основних термохімічних реакцій. У межах розділу виконано експериментальні дослідження впливу конструктивних параметрів підземного газогенератора та режимних особливостей його роботи на інтенсифікацію процесів газоутворення й формування складу генераторного газу. Визначено значення концентрації кисню у дутті на рівні 42%, яке забезпечує баланс між продуктивністю й економічною доцільністю процесу газифікації.

У *третьому розділі* розглядається процес інтенсифікації газифікації вугілля фізичними полями. Наведено результати аналітичних досліджень та експериментальної реалізації магнітного поля на дуття і вуглецевмісну сировину та електромагнітного нагрівання вугільного масиву, як складових процесу інтенсифікації газифікації вугілля. Послідовно розглядаються наступні завдання: теоретичне обґрунтування та аналіз стану досліджень, механізм активації, методика досліджень, результати аналітичної та експериментальної реалізації процесу, встановлені закономірності.

Розглядаються експериментальні дослідження за якими встановлено, що частка участі вуглецю (%) збільшується як із підвищенням температури, так і з обробкою магнітним полем. Згідно отриманих результатів, при застосуванні магнітного поля в 500 Е при 1000°C частка участі вуглецю збільшується з 39,2% до 59,4% тобто на 51 %. Значення коефіцієнта перетворення F характеризує вплив магнітного поля на інтенсифікацію процесу. Встановлені закономірності зміни коефіцієнта перетворення F і зміни частки участі вуглецю (C , %) за магнітної обробки дуття в температурному діапазоні 800 – 1000°C дають змогу кількісно оцінити вплив параметрів магнітного поля на кінетику реакцій і обґрунтувати доцільність його застосування для інтенсифікації процесу газифікації.

Наведено результати досліджень впливу електромагнітного нагрівання вугільного масиву на ефективність газифікації вугілля, за якими встановлено залежність зміни часу обробки вугільного пласта до температури 350, 400 та 450°C від загальної добової потужності: 1 – довжина каналу 30 м (паралельний метод CRIP); 2 – довжина каналу 80 м (лінійний метод CRIP). За час обробки пласта протягом 130 діб добова потужність електромагнітного випромінювача становитиме 100 кВт; за 26 діб – 500 кВт, а за дії на пласт протягом 13 діб – 1000 кВт для його прогрівання до встановлених параметрів. Аналітичне моделювання, з урахуванням рівнянь теплопровідності та дисипації енергії електромагнітного поля, дало змогу кількісно оцінити залежність температурного розподілу від параметрів випромінювання.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячено чисельному CFD-моделюванню процесів спалювання вуглецевмісної сировини в каналі вугільного пласта. У розділі: обґрунтовано застосування методу CFD; наведена методика комп'ютерного моделювання спалювання вуглецевмісної сировини з визначенням геометрії моделі її побудови та налаштування. Наведено результати комп'ютерного моделювання: розподілу температури та питомої теплоємності; впливу довготривалого процесу горіння на розподіл температур у каналі та стінках; розподілу негорючих газоподібних компонентів; розподіл

горючих газоподібних компонентів; зіставлення розподілу горючих і негорючих газоподібних компонентів.

Показано, що аналітично визначені розповсюдження температури в анізотропному породному масиві дозволяють встановити просторово-часові зміни температурного поля, оцінити умови та критерії стабільності формування високотемпературної зони окиснення, а також встановити закономірності утворення й поширення продуктів згоряння. На підставі проведеного моделювання розглянуто характер зміни процесів тепломасообміну, реакційної дифузії та динаміки розвитку фронту окиснення в умовах підземної газифікації.

Розглядаються дослідження зміни температури у реакційному каналі, за якими встановлено, що зона максимальної температури (1400 – 1540°C) формується в ділянці входу в реакційний канал. У віддаленій частині каналу (від 10 до 30 м) температура знижується до 490 – 520°C. Визначено, що ефективний температурний діапазон для когазифікації (900 – 1200°C) забезпечується після 12 год горіння. За встановленими закономірностями просторово-часового розподілу хімічного складу газової фази, кисень (O_2) інтенсивно споживається на перших 3 – 6 м каналу, основна зона горіння обмежується першими 10 м, де масова частка CO_2 збільшується до стабільного рівня як основного продукту реакції. Горючі компоненти CO , CH_4 і H_2 утворюються поблизу входу в результаті піролізу і неповного згоряння. Масова частка CO сягає максимуму на відстані 6 – 8 м, тоді як CH_4 і H_2 утворюється на відстані 0 – 7 м, після чого знижуються внаслідок вторинних реакцій. Ця система функціонує з високим ступенем конверсії горючих газів, з подальшою стабілізацією після 10 м. Швидкість потоку газів є найбільшою поблизу входу (25 м/с) і виходу (до 58 м/с), де домінує вплив нагнітання і теплового розширення.

У *п'ятому розділі* представлено результати дослідження процесів когазифікації вугілля та біомаси в реакційному каналі підземного газогенератора. Для відображення процесів розвитку динаміки процесу когазифікації розглянуто потрійну діаграму вуглецю, водню і кисню (C–H–O) для вугілля і вуглецевмісної сировини. Встановлено, що додавання вуглецевмісної сировини збільшує утворення горючих газів, таких як C_2H_2 , CH_4 , H , CO порівняно з чистим вугіллям. Послідовно розглядаються: сировино-технологічні аспекти когазифікації; тепловий баланс підземної когазифікації вугілля та вуглецевмісної сировини в реакційному каналі; основи складання матеріально-теплового балансу когазифікації; методична основа визначення параметрів матеріально-теплового балансу процесу когазифікації; результати визначення матеріально-теплового балансу процесу когазифікації; результати комп'ютерного моделювання підземної когазифікації; визначення часових параметрів комбінування дуття.

Відмічено, що відносні втрати тепла у вміщуючі породи знижуються за законом $\tau^{-1/2}$, що корелюється з експериментальними даними та забезпечує до 90% утримання тепла в реакційній зоні в межах 4 – 6 годин роботи. Встановлено, що застосування парокисневого дуття (O_2 – 42%, H_2O – 10%) забезпечує нижчу теплоту згоряння генераторного газу 9,27 – 9,7 МДж/м³.

Встановлено кількісні залежності між складом паливної шихти, типом дуття, енергією активації реакцій і ключовими параметрами генераторного газу в умовах підземної когазифікації. Заміщення вугільного пилу біомасою (до 75%) і перехід до парокисневого дуття (O_2 – 42%, H_2O – 10%) забезпечують підвищення вмісту водню з 4,0 до 8,25%, сумарної концентрації горючих компонентів з 28,0 до 37,8% і LHV з 6,36 до 7,7 МДж/м³. Встановлено, що зниження енергії активації з 200,0 до 179,8 кДж/моль, як еквівалент впливу магнітного поля, підвищує H_2 до 10,56%, CO до 17,60%, LHV до 7,98 МДж/м³.

Наведено встановлені закономірності зміни молярного співвідношення H_2/CO в синтез-газі залежно від типу сировини та енергії активації, що дає змогу визначити значення параметрів когазифікації, за яких досягається співвідношення H_2/CO до $\approx 0,6$. Запропоновано метод доведення співвідношення H_2/CO до цільових технологічних меж 1,0 – 2,0 шляхом часткової водно-газової конверсії без зміни геометрії або умов роботи генератора, що дозволяє адаптувати генераторний газ процесу когазифікації до отримання синтез-газу для хімічного синтезу та водневої енергетики.

Показано, що когазифікація вугільного пилу з біомасою у співвідношенні 25/75 забезпечує стабілізацію температури окислювальної зони понад 1000°C протягом 2,3 год, що перевищує аналогічні показники при газифікації вугілля. Запропоновано циклічне чергування режимів дуття (парокисневе/кисневе) для підтримання робочого температурного інтервалу 1000 – 1050°C. Визначено раціональний режим динамічного регулювання складу дуття (режим 1) з періодом 1,7 год, який забезпечує теплову стійкість, високу хімічну селективність і мінімізує ризик повного окислення генераторного газу.

Шостий розділ дисертаційної роботи присвячено технологічним аспектам реалізації процесу підземної когазифікації вугілля, а саме обґрунтуванню параметрів посування вогневого вибою підземного газогенератора з урахуванням впливу фізичних полів на інтенсифікацію процесу. Розглядаються: прикладна реалізація технічних та технологічних рішень; багатокритеріальна оцінка придатності вугільних пластів до когазифікації; критерії придатності вугільних пластів до підземної газифікації вугілля; технологічні схеми розкриття та відпрацювання ділянки вугільного пласта; поверхневий комплекс станції підземної когазифікації вугілля; економічна ефективність розробленої технології та технологічних параметрів процесу когазифікації.

Розглядається вплив фізичних полів на інтенсифікацію процесу когазифікації, який забезпечує збільшення лінійної швидкості посування вогневого вибою зі 1,37 до 1,54 м/добу та збільшення площі вигазовування на 12,4%, та дає можливість скоротити інтервал реверсування зі 2,6 до 2,0 діб за умови збереження відстані середини окислювальної зони на рівні 5,0 м від початкового положення. У такому режимі забезпечується стабільність функціонування геореакторної системи.

На прикладі шахти «Західно-Донбаська» проведено комплексну оцінку придатності вугільних пластів до підземної когазифікації з використанням методу багатокритеріального прийняття рішень (MCDM), зокрема методу

індексу переваг (PSI). За рахунок усунення суб'єктивності оцінки традиційних методик застосування PSI забезпечило більш чітке ранжування та і виявило найбільш перспективні пласти C_9 (0,908) і C_{10}^B (0,876), щодо для впровадження технології когазифікації.

Відмічено, що за рахунок збільшення швидкості вигазування і підвищення виходу горючих компонентів генераторного газу, зокрема водню (зі 0,174 до 0,364 м³/кг основного вугілля), тривалість експлуатації газогенератора скорочується на 11,5%. Дохід від реалізації водню зростає більш ніж у 2 рази (зі 114 до 239 млн. грн.), окрім цього сумарний вихід додаткової електроенергії зростає майже у 2 рази (зі 44,2 до 87,4 тис. МВт·год), що обумовлює додаткову прибутковість навіть за умови зростання окремих витратних статей. Індекс переваги інноваційного варіанту становить 1,66, що відповідає +66% додаткового нетто-внеску відносно базової технології, із запасом економічної міцності 175,9 млн. грн. на один газогенератор.

Додатки містять копії документів, які підтверджують актуальність проблеми, апробацію результатів досліджень, низку методик і рекомендацій для ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», ПАТ «Львівська вугільна компанія», ТОВ «ЗАХІД ТРЕЙД РЕСУРС».

5. Значення роботи для науки та практики та суспільства

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей протікання термохімічних процесів когазифікації вугілля, що враховують вплив складу вуглецевмісної сировини, типу дуття, параметрів високотемпературної зони окислення та зовнішніх фізичних впливів на тепловий баланс, кінетику реакцій і стабільність роботи геореакторної системи.

Практичне значення одержаних результатів полягає у встановленні раціональних параметрів технології підземної когазифікації вугілля з орієнтацією на отримання водню, що покладено в розробку методик і рекомендації з ефективного керування процесами термохімічного перетворення вугілля в генераторний газ. Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальні програми підготовки бакалаврів та магістрів з дисциплін: «Фізико-хімічна геотехнологія», «Інноваційні технології розробки родовищ корисних копалин», «Спеціальні способи добування корисних копалин» у НТУ «Дніпровська політехніка».

Очікуваний економічний ефект при впровадженні технології підземної когазифікації вугілля з орієнтацією на отримання водню дає змогу отримати дохід від реалізації генераторного газу – 175,9 млн грн на один газогенератор.

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

В результаті детального ознайомлення із дисертаційною роботою та зі звітом з перевірки запозичень встановлено, що порушень академічної доброчесності не було виявлено. При цитуванні інших вчених зроблено відповідні посилання.

7. Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.

Результати дисертаційної роботи опубліковано у 82 наукових працях, у тому числі: 31 стаття у журналах, що індексуються наукометричними базами даних Scopus та/або Web of Science, з яких 11 відносяться до кватилів Q1-Q2; 13 статей у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються наукометричними базами даних Scopus та/або Web of Science; 6 статей у періодичних виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України; 3 монографії, видані вітчизняними видавництвами; частина розділу монографії, видана міжнародним видавництвом; 10 патентів України на винаходи та корисні моделі; 18 тез доповідей у матеріалах всеукраїнських і міжнародних конференцій. Кількість наукових праць здобувача, у яких опубліковано результати роботи, відповідає встановленим вимогам МОН України.

8. Дискусійні положення та зауваження до роботи

Позитивно оцінюючи в цілому виконану роботу, вважаю необхідним зробити деякі зауваження:

1. На сторінки 37 у новизні наведено «фактор F». У початку роботи незрозуміло, що він позначає. Пояснення фактора магнітного поля та коефіцієнту перетворення F наведено на стор. 172. Тому у вступі треба було написати «значення коефіцієнта перетворення F»;

2. Дисертація має розділи з дрібним поділенням на підрозділи, що впливає на загальний об'єм тексту. Наприклад у першому розділі пункти 1.1 – 1.3 з підпунктами мають оглядовий характер і займають 24 сторінки, які можна скоротити до 10 стор. Тільки зі стор. 66 у п. 1.3, який подрібнено на 10 підпунктів, починається аналіз недоліків газифікації.

3. У пункті 1.4 «Мета дослідження, обґрунтування та систематизація завдань» не наведено визначені проблеми та завдання досліджень, що встановлені при огляді. На стор. 98. зазначено: «Таким чином, прийняті припущення не спотворюють фізичну сутність процесів ... підземної когазифікації вугілля». Однак фізичну сутність процесів не сформульовано та не наведено.

4. У пункті 1.5 «Висновки за розділом» немає завершення, а саме, у висновках не вказані встановлені ідея та мета роботи, задачі та наукові методи досліджень, що наведені у вступі.

5. Розділи 2-5 починається з аналізу та визначення проблеми, розгляду сутності, переваг та недоліків технології, що потрібно розглядати в оглядовій частини роботи.

6. У розділах 2 та 5 при дослідженні параметрів підземного газогенератора та циклічного чергування режимів дуття, визначено їх оптимальне значення кисню та оптимальний режим регулювання складу дуття, однак досліджень з оптимізації процесу не проводилось. Тому визначені

параметри слід трактувати як раціональні або встановлені на експериментальній стендовій установці.

7. Отримані результати досліджень базуються на: використанні бібліометричної оцінки та візуалізації чинників наукових досліджень підземної газифікації вугілля, визначенні процесів інтенсифікації газифікації та аналізу наявних наукових розробок; обґрунтуванні вибору пріоритетних способів інтенсифікації процесу підземної газифікації на основі методологічного підходу PRISMA; аналітичному дослідженні хімізму процесів підземної газифікації вугілля та визначенні проблем процесу газифікації; проведенні лабораторних досліджень на експериментальній стендовій установці газифікації вугілля, встановленні закономірностей взаємодії вуглецевмісної речовини з компонентами дуття та механізмів перебігу основних термохімічних реакцій; методичному визначенні параметрів матеріально-теплого балансу процесу когазифікації за допомогою комп'ютерної програми «MT Balance» та фізичній моделі підземної когазифікації, що враховують термохімічні перетворення твердого палива на газоподібний стан, технічний та елементний склад вугілля. Наведене вказує на високу методологічну складову у дослідженнях, що не враховано у назві дисертаційної роботи.

Крім зазначених зауважень у роботі мають місце незначні неточності та помилки друку.

Проте вважаю, що наведені зауваження мають уточнювальний характер і жодним чином не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи. Вони не впливають на її логічну завершеність, структурну цілісність, обґрунтованість висновків та загальну позитивну оцінку. Дисертаційна робота є самостійним завершеним науковим дослідженням, а її основні положення, рекомендації та висновки є науково-обґрунтованими, достовірними й актуальними.

9. Загальний висновок по дисертаційній роботі.

Дисертаційна робота Лозинського Василя Григоровича є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішено нову актуальну наукову проблему з розробки наукових основ воднево-орієнтованої підземної когазифікації вугілля, які ґрунтуються на закономірностях зміни параметрів термохімічних процесів у реакційному каналі при формуванні високотемпературної зони окислення підземного газогенератора, що дає можливість інтенсифікувати вигазовування вугільних пластів і є підґрунтям для подальшого розвитку термохімічного способу перетворення вуглецевмісної сировини в газогенераторних установках замкнутого циклу.

Матеріали дисертаційної роботи мають суттєву наукову новизну та високу практичну цінність, що підтверджується обґрунтованістю теоретичних положень, результатів експериментальних досліджень, а також можливістю впровадження отриманих розробок у виробничу практику підприємств гірничодобувної галузі. Запропоновані рішення сприяють удосконаленню технології підземної когазифікації вугілля з орієнтацією на отримання водню та

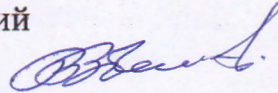
відповідають сучасним вимогам до екологічної безпеки й енергоефективності.

Робота відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за своїм науково-практичним рівнем та змістом («Вимоги до оформлення дисертації», наказ МОН України від 12.01. 2017 року №40) і задовольняє пп. 7 та 9 «Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 року №1197.

На підставі вищезазначеного вважаю, що **Лозинський Василь Григорович** заслуговує на присудження ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалин.

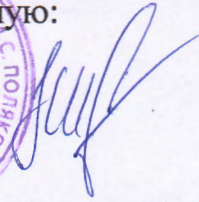
Офіційний опонент:

Завідувач відділу проблем технологій підземної розробки вугільних родовищ ІГТМ НАН України, доктор технічних наук, старший науковий співробітник



Василь ЗБЕРОВСЬКИЙ

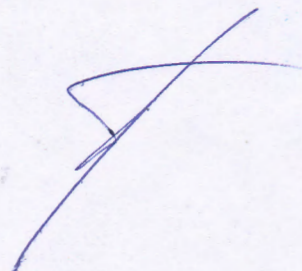
Підпис Василя ЗБЕРОВСЬКОГО засвідчую:
Вчений секретар ІГТМ НАН України,
доктор техн. наук., професор



Володимир ШЕВЧЕНКО

Відгук отриманий 24.12.2025

Вч. секр. А.О.В.О.



Петрьобанний