

ВІДГУК

офіційного опонента Скиби Маргарити Іванівни на дисертаційну роботу

Давидова Сергія Леонідовича

«Обґрунтування параметрів процесу перетворення вуглецевмісного гетерогенного середовища в газ під впливом енергії плазми»,

яка подана на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – геотехнічна і гірнична механіка.

Актуальність теми. Сучасні процеси видобутку і збагачення вугілля пов'язані з утворенням великої кількості відходів, які за роки їх накопичення перетворилися в техногенні родовища з різним речовинним складом, фізико-хімічними та механічними властивостями. Такі відходи характеризуються низькою теплотворною здатністю, підвищеною вологістю, зольністю та високим вмістом сірки, внаслідок чого не мають попиту на паливному ринку, забруднюють навколишнє середовище і загромождають великі земельні масиви. Масова утилізація таких відходів прямим спалюванням, як і використання вугілля за цією технологією, є екологічно небезпечним і коштовним заходом. Відтак виникає необхідність в розробці нових, екологічно чистих геотехнологій, які здійснювалися б шляхом термічних перетворень гетерогенної вуглецевмісної сировини в екологічно безпечний газовий стан і твердий вуглецевмісний залишок, вільний від вуглецю. Тому дисертаційна робота Давидова Сергія Леонідовича «Обґрунтування параметрів процесу перетворення вуглецевмісного гетерогенного середовища в газ під впливом енергії плазми» є актуальною в науковому і прикладному аспектах та своєчасною.

Актуальність теми підтверджується виконанням робіт в рамках науково-дослідної тематики ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України: «Дослідити та встановити параметри плазмодугових реакторів і процесів газифікації мінеральних середовищ, що вміщують вуглець, в тому числі відходи вуглезбагачення» (№ ДР 0109U001725); «Науково-технічне обґрунтування параметрів і удосконалення технічних рішень пристроїв паро-плазмової

переробки мінеральних вуглецевмісних середовищ, в тому числі відходів вуглевидобутку і вуглезбагачення» (№ ДР 0111U005129); «Наукове обґрунтування параметрів процесів та технічних засобів енергоперетворень вуглецевмісних середовищ газифікацією в електромагнітних полях дугової плазми» (№ ДР 0115U002283), в яких здобувач був співвиконавцем та відповідальним виконавцем.

Методика досліджень та достовірність одержаних результатів. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Давидова С.Л. є високим й базується на багатосторонньому аналізі наукової та науково-технічної літератури відомих способів переробки мінеральних вуглецевмісних середовищ, гармонійній постановці мети і задач досліджень, використанні сучасних методів дослідження. Висновки дисертації є виваженими, базуються на одержаних особисто здобувачем результатах і підкреслюють наукову новизну і практичну значущість роботи. Оцінюючи методику експерименту, треба відзначити значний обсяг і високий науково-методичний рівень роботи, проведеної дисертантом. Положення наукової новизни знайшли переконливе підтвердження у відтворюваних та статистично достовірних результатах експериментів.

Наукова новизна. Вагомим науковим результатом здобувача вважаю те, що вперше науково обґрунтовано, експериментально доведено й запропоновано процес термічного перетворення вуглецевмісного гетерогенного середовища та розробка У дисертаційній роботі Давидова С.Л. вперше одержано наступні результати:

– встановлені залежності, які характеризують вплив температури конверсії вуглецю, температури в реакційному просторі, коефіцієнта витрати окиснювача, елементного складу середовища, що перетворюється, на склад і вихід газової фази, обґрунтовані раціональні параметри дії енергії плазми для одержання максимальних показників виходу газової фази та її теплотворної здатності і доведення ступеню перетворення вуглецю до 99 – 100 %;

– встановлені залежності швидкості реакцій перетворення, часу перебування твердих частинок в реакційному просторі (продуктивності процесу в потоці) від температури і дисперсності середовища в сумісних процесах його перетворення і генерації окиснювача;

– встановлено раціональне значення температури нагріву дисперсних частинок до повної конверсії вуглецю ($T = 1800 - 2000 \text{ K}$), коли ступінь його перетворення досягає 100%. Раціональне значення енергоємності процесу, яка зростає лінійно з ростом температури в реакційному просторі, визначається досягненням цієї температури частинками середовища, незалежно від їх дисперсності.

Практичне значення одержаних результатів. Узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень склали підґрунтя ряду технологічних рішень:

– розроблено спосіб пароплазмових перетворень вуглецевмісного середовища і пристрої для його практичної реалізації;

– розроблено спосіб отримання захисних атмосфер і пристрій для його реалізації в процесах термічної переробки металу.

Розроблені «Методика розрахунків енерговитрат перетворень вугілля пароплазмовим способом», «Інженерна методика розрахунків конструктивних і режимних параметрів плазмового реактора» передані ДП «Діпрококс» і використані при розробці ТЕО для реалізації національного інвестиційного проекту «Виробництво альтернативних видів палива».

Підтвердженням наукової новизни та практичної значимості є патент на винахід України.

Аналіз змісту роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів (один з яких є оглядовим, другий методичним, інші містять оригінальні результати досліджень і розрахунків), висновків та 6 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 212 сторінок, з них основного тексту –158 сторінок, на яких крім опису розміщено 51 ілюстрація, 25 таблиць та список використаних літературних джерел з 113 посилань.

Окремі розділи детально структуровані, на завершення кожного розділу наведено висновки. Матеріали дисертації викладено ясно, послідовно, лаконічно у відповідності до існуючих стандартів. Ілюстрації виконано ретельно, в достатньому обсязі.

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання наукового дослідження, показано зв'язок з державними науковими програмами, висвітлено наукову та практичну важливість питань, що складають предмет дисертаційної роботи, надано загальну характеристику робіт. Описано об'єкти дослідження та використані метод, деталізовано особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячено системному аналізу існуючих досягнень в галузі теоретичних і експериментальних досліджень стосовно існуючих технологій і процесів термічних перетворень вуглецевмісних середовищ, зокрема покладів вугілля та техногенних накопичень. Відзначені екологічні проблеми масового використання таких енергоносіїв в технологіях прямого спалювання, доведена необхідність підготовки «брудних» енергоносіїв до подальшого безпечного використання, шляхом перетворення їх в газовий стан під дією енергії плазми. Обрано найбільш перспективний метод переробки мінеральної сировини, що дозволяє отримати газову фазу заданої якості, в необхідній кількості для подальшого екологічно безпечного використання. На основі аналізу джерел наукової та науково-технічної інформації були сформульовані основні задачі, на вирішення яких були спрямовані дисертаційні дослідження Давидова С.Л.

У **другому розділі** здійснено дослідження термодинамічних процесів високотемпературних перетворень вуглецевмісних середовищ. Приведені теоретичні дослідження процесів високотемпературних перетворень вуглецевмісного гетерогенного середовища різної морфології під дією високотемпературних полів, а також розрахунки параметрів цієї дії і результатів перетворення. Встановлені основні фактори, що впливають на процеси термічного перетворення та закономірності зміни параметрів процесу термоперетворення багатокомпонентних середовищ. Встановлено, що

температура є основним фактором, який формує процеси перетворень, а її значення 1800 - 2000 К являється раціональним, де спостерігається найбільший вихід газової фази, ступінь переробки вуглецю досягає 100 %, калорійність газу максимальна, як фактор, особливий вплив на вихід та склад газової фази чинить тип окиснювача

Приведені дослідження виходу газової фази в залежності від температури процесу і вмісту вуглецю в середовищі, показано вплив якості окиснюючого середовища на показники перетворення. Визначено, що раціональні значення температури для повної конверсії вуглецю в дисперсних частинках середовища з різними фізико-хімічними характеристиками складає $(1,8 - 2,0) \cdot 10^3$ К і при паровому окиснювачі вихідний продукт формується селективно складовими монооксиду вуглецю та водню на 97 - 99 %. Ступінь переробки вуглецю досягає 99 %, калорійність - 11,5 - 12 МДж/м³, а вихід газової фази збільшується на 40 - 45 % за рахунок молекулярного водню з окиснювача. Визначено, що температура в реакційній зоні, температура повної конверсії вуглецю, співвідношення мас компонентів, що реагують, природа і якість окиснювача, своєчасне видалення газової фази з реакційної зони є основними чинниками управління процесами перетворення.

У третьому розділі наведено результати досліджень щодо продуктивності процесу перетворень, режимів роботи та конструктивних параметрів пристроїв при обробці вуглецевмісних середовищ.

Розроблена методика розрахунку швидкості реакцій термоперетворення дисперсного середовища. Здійснено розрахунки в залежності від тепло- і масообміну в реакційному просторі та схем вводу енергії в цей простір. Встановлено швидкості реакцій перетворення і визначати час нагріву дисперсних частинок компонентів, що реагують, до повної конверсії вуглецю в залежності від температури в реакційній зоні з урахуванням конвективної і радіаційної складових випромінювання. Розроблено методику розрахунку конструкції пароплазмових реакторів для перетворення в газ гетерогенного середовища.

В четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень процесів перетворення вуглецевмісного середовища з паровим окиснювачем.

Експериментально на прикладі вугілля АШ1 і шламу встановлено показники продуктивності і енерговитратності процесу перетворень.

Встановлено, що при пароплазмовій газифікації вугілля різної якості відбувається селективний відбір монооксиду вуглецю та водню (синтез-газу). Газ на 86 - 95 % складається з цих компонентів, що співпадає з результатами теоретичних досліджень (98 - 99 %), засвідчуючи високу (до 80 %) їх схожимість. Газова фаза на 44 - 45 % формується воднем з окиснювача, який збільшує її калорійність до 11,5 - 12 МДж/м³ і на 40 - 45 % забезпечує раціональне використання сировини, що перетворюється.

Розроблені способи пароплазмових перетворень та пристрої їх практичної реалізації які захищені авторським правом. Приведені схеми технічного виконання і практичної реалізації запропонованих рішень.

В п'ятому розділі розроблено методіку і приведено приклади визначення питомих енерговитрат процесу перетворення вуглецевмісного середовища, з застосуванням енергії плазми.

Показано вплив якості окиснюючого середовища на енергопоказники процесу. Показано вплив окиснювача на енергетичні показники термічних перетворень вугілля з різним вмістом вуглецю. Приведені шляхи зниження енерговитрат та приведена оцінка економічної ефективності і доцільності застосування технології, що розроблено, в окремих галузях виробництва – в загальній теплоенергетиці та при виробництві синтетичного моторного палива.

У додатку наведено акт використання одержаних результатів та приклади розрахунків реакційної камери реактора.

Обґрунтованість та достовірність. У роботі наукових положень, висновків та рекомендації практичної реалізації результатів, забезпечуються використанням апробованих методів аналітичних і експериментальних досліджень, задовільною збіжністю їх результатів, ідеями досліджень, схемами визнаними авторським правом. Результати роботи впроваджено в технологічних проектах ведучого

підприємства ДП «Діпрококс» м. Харків при реалізації національного інвестиційного проекту «Виробництво альтернативних видів палива», а також в технологіях виробництва захисних атмосфер, що застосовуються при термічній обробці металів.

Результати роботи представлено та міжнародних науково-практичних конференціях, які проходили в м. Дніпропетровськ (2010, 2011, 2016, 2017 р.р.), м. Одеса (2010, 2017 р.р.), м. Сєвєродонецьк (2012, 2013 р.р.), м. Львів (2018 р.), багаторазово представлялась на засіданнях Міжнародної наукової школи ім. С.О. Христіановича (м. Сімферополь). Практичне значення отриманих результатів полягає в доведеній доцільності пароплазмового перетворення вуглецевмісного середовища для вирішення проблем його екологічно безпечного використання в основних енергоємних галузях виробництва. Таким чином, наукові положення, висновки і пропозиції, що сформульовані в дисертаційній роботі Давидова С.Л. достатньо обґрунтовані, мають наукову новизну і практичну цінність.

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях.

Основні положення і результати роботи автора досить повно висвітлені в наукових працях, що опубліковані в спеціалізованих виданнях, добре відомих широкому колу фахівців за тематикою досліджень. Всього за темою дисертації опубліковано 22 роботи, в тому числі: 10 публікацій у фахових виданнях, серед яких 2 входять до міжнародної науково метричної бази даних, без співавторів – 4, 7 – в тезах доповідей на конференціях, 5 патентів. Результати виконаних робіт, наукові положення, висновки та практичні рекомендації повністю відображені в наукових публікаціях автора, що відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» до дисертацій цього рівня.

Автореферат повністю відповідає змісту дисертаційної роботи та її науковим положенням. Структура дисертації чітко визначена, мова проста і зрозуміла.

Дисертація не позбавлена певних недоліків.

1. В першому розділі дисертації автором здійснено детальний аналіз проблем вугільної промисловості та енергетичного комплексу, проте зменшена увага щодо сучасних існуючих методів переробки вуглецевмісного гетерогенного середовища.

2. В розділі 3 не до кінця вирішено питання тепло- масопереносу конвективної і радіаційної складових сумісного теплового потоку.

3. Вважаю, що при проведенні експериментальних досліджень автором недостатньо представлені типи вугілля і техногенні накопичення, що ставить під сумнів універсальність розробленого способу. Також в роботі відсутні дослідження щодо перетворення органічної складової побутових відходів, де така технологія могла би знайти своє застосування.

4. При визначенні енергоємності процесу пароплазмових перетворень, через кількість енергії, що вводиться в реакційний простір для компенсації енергії ендотермічних реакцій термоперетворення, не приділено уваги важливому показнику процесу – його енергетичному ККД.

5. В роботі автором наведено чисельні схеми, конструкції і способи пароплазмових перетворень вуглецевмісного середовища, які підтвержені охоронними документами об'єкта права інтелектуальної власності. Проте, в не достатній мірі розглянуто перспективи їх подальшого застосування в умовах виробництва.

6. Вважаю, що в роботі слід було б більше уваги приділити практичній реалізації результатів.

7. В роботі, в її економічних розрахунках, зовсім не враховані екологічні переваги від застосування способу пароплазмового перетворення в газ «брудного» вуглецевмісного середовища.

Відтак ці зауваження не є принциповими, не впливають на достовірність наукових досліджень та висновків і не знижують моєї високої оцінки роботи в цілому.

Висновок. В дисертаційній роботі отримані нові науково-обґрунтовані теоретичні та практичні результати, які у сукупності вирішують важливу науково-практичну задачу з встановлення закономірностей термічних перетворень в газ вуглецевмісного гетерогенного середовища. За рівнем проведених досліджень можна заключити, що Давидов С.Л. володіє науковою кваліфікацією, яка відповідає шуканому науковому ступеню.

На підставі наведеного аналізу вважаю, що представлена дисертація Давидова С.Л. «Обґрунтування параметрів процесу перетворення вуглецевмісного гетерогенного середовища в газ під впливом енергії плазми» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.15.09 – геотехнічна і гірнична механіка. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, як за своїм обсягом, методичним та науковим рівнем, актуальністю ступенем обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, новизною отриманих результатів і практичною цінністю повністю відповідає вимогам п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а її автор Давидов С.Л. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук, за спеціальністю 05.15.09 – геотехнічна і гірнична механіка

Офіційний опонент
доцент кафедри технології неорганічних
речовин та екології Державного вищого
навчального закладу
«Український державний
хіміко-технологічний університет»,
кандидат технічних наук

М.І. Скиба

Підпис кандидата технічних наук,
доцента Скиби М.І.
засвідчую:

Вчений секретар
ДВНЗ УДХТУ



О.В. Охтіна