

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу

Збиговського Євгена Івановича

за темою «Науково-теоретичні основи розробки ресурсозберігаючої технології комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва»,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – Хімічна технологія палива та паливно-мастильних матеріалів

Упровадження нових інноваційних рішень в технологічний процес виробництва доменного коксу за традиційним методом шарового коксування є вельми актуальною проблемою. Це обумовлено низкою об'єктивних факторів, основні з яких наступні: в українських підприємств відсутня можливість виробництва достатньої кількості високоякісного коксу із застосуванням як сировини тільки українського вугілля; постійне зростання вимог до якісних показників доменного коксу, особливо до CSR та CRI, з боку доменщиків; невизначеність з ринком металопродукції, від функціонування якого повністю залежить доменне і, як наслідок, коксове виробництво; неможливість забезпечити рівноцінну заміну доменному коксу іншою продукцією в коксовому виробництві у разі зниження попиту на нього з боку металургійних підприємств; велика кількість другорядних продуктів (відходів) коксохімічного виробництва, що представляють собою надзвичайно небезпечні для довкілля речовини, захоронення або утилізація яких є проблематичним.

У дисертаційній роботі автором запропоновано найбільш раціональний шлях усунення цих проблем – в умовах діючого коксохімічного виробництва впровадити комплексну ресурсо- та енергозберігаючу екологічно чисту технологію. Кожна із складових пропонованої технології науково обґрунтована і є самостійним технологічним процесом, реалізація якого можлива як окремо, так і різних комбінаціях з іншими складовими комплексної технології. При всіх можливих варіантах комплексної технології обов'язковим є безперервна робота батареї коксових печей – основного агрегату коксового цеху. Це забезпечить збереження вогнетривкої кладки печей, надасть можливість за необхідністю налаштувати виробництво нової продукції (синтез-газ, або моторне паливо, або бездимне тверде паливо, або кам'яновугільні брикети, або високоякісний доменний кокс). Водночас при впровадженні окремих технологій, пропонованих автором дисертаційної роботи, можливе зниження навантаження на довкілля поверненням в технологічний цикл рідких відходів коксохімічного виробництва (технологія

часткового брикетування вугілля (вугільної шихти) перед коксуванням) або утилізація відходів вуглезбагачення (технологія виробництва твердого бездимного палива).

Вивчення рукопису та автореферату дозволяють дійти висновку, що тема дисертаційної роботи Збиковського Є. І. є **актуальною** та присвячена вирішенню **актуальної науково-прикладної проблеми** металургійної галузі економіки України щодо створення ресурсозберігаючої технології енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля на засадах екологічного підходу у складі технологій – виробництва бездимного твердого палива, газифікації бездимного твердого палива, підготовки вугільної шихти із використанням другорядних хімічних продуктів (відходів) коксохімічного виробництва, позапічної обробки коксу, що дозволяє здійснити диверсифікацію коксохімічного виробництва без його докорінної реконструкції. розроблення наукових і технологічних засад розширення сировинної бази коксування та поліпшення якості коксу.

На підставі аналізу науково-технічної, патентної літератури та сучасних технологічних методів модифікації вугілля та вугільної шихти як до, так і в процесі коксування з метою забезпечення доменного виробництва продукцією необхідної якості дозволили дисертанту фахово визначити мету, основні наукові завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також напрями та методи дослідної роботи.

Поставлені в роботі завдання досліджень доведені до кінцевого логічного вирішення, а сама дисертація є завершеною науково-дослідною роботою та відповідає встановленим на сьогодні вимогам.

Структура дисертації Збиковського Є. І. складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку літератури (274 джерела), 3 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 287 сторінок друкованого тексту, містить 41 рисунок і 51 таблицю.

Достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи підтверджується даними апробації, упровадженнями у виробництво та навчальний процес і технологічними аспектами практичних рекомендацій. Строк окупності інвестиційних витрат за різних умов реалізації запропонованої автором технології складає 3,2–4 роки.

Наукові положення, практичне значення та висновки дисертації логічно побудовані у контексті мети та поставлених завдань, теоретично обґрунтовані й патентно захищені.

Про корисність, новизну результатів досліджень та особистий внесок здобувача свідчать 48 наукових праць у провідних фахових виданнях, з яких 12 входять до наукометричних баз, 1 монографія, 7 патентів України

і 1 зарубіжний патент, 1 наукове відкриття та 9 матеріалів науково-технічних конференцій різних рівнів. Опубліковані праці повністю відображують основний зміст дисертаційної роботи.

Оцінка обґрунтованості наукових положень в дисертації, їх достовірності і новизни. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані, а їх достовірність підтверджується результатами експериментальних, промислових і теоретичних досліджень. Усі висновки базуються на масиві матеріалів, одержаних з використанням сучасних стандартизованих і науково обґрунтованих методів досліджень.

Дисертантом розроблено та використано в роботі оригінальні методики дослідження процесу брикетування твердого палива. Математична обробка результатів досліджень проведена із застосуванням програмних пакетів MathCad, Statgraphics plus 5.1. Економічне прогнозування було здійснено із залученням показників приведеної вартості, строку окупності, питомих витрат та загального прибутку.

Тема досліджень автора дисертаційної роботи пов'язана з науковими планами та програмами науково-дослідних робіт Донецького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України. Автор як керівник і відповідальний виконавець в період 2010–2019 рр. брав участь у 6 науково-дослідних роботах, у тому числі: «Розробка науково-технологічних основ ресурсозберігаючого і екологічно безпечного способу створення сучасних вуглецевих композитів» (номер держ. реєстрації 0118U000294), «Розробка та дослідження ресурсо- і енергозберігаючих технологій переробки горючих копалин» (номер держ. реєстрації 0116U003645), «Дослідження впливу активних комплексних добавок на процеси деструкції та полімеризації кам'яновугільного пеку» (номер держ. реєстрації 0113U002743) та ін.

Поставлені завдання досягнуто та доведено до логічного завершення, що дозволило автору одержати **шість** наукових результатів, що захищаються й характеризують **новизну** наукових положень. Автором задекларовано й трактуються наукові положення у такий спосіб. У дисертаційній роботі виконано комплекс теоретичних розробок та експериментальних досліджень пропонуваної дисертантом енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва. Отримані результати і рекомендації характеризуються новизною, виконані експерименти – оригінальністю підходу. До найбільш суттєвих, з наукової точки зору, результатів дисертації Збиковського Є.І. можна віднести такі :

– розвинені уявлення щодо основних особливостей застосування вуглецьвміщуючої суміші у складі збагаченого низькосірчистого

малометаморфізованого газового вугілля (65–85%) і шламів – відходів вуглезабагачення (15–35%, зольністю до 50%) у якості сировини для виробництва вуглецевого твердого бездимного палива, застосування якої дозволяє покращити теплотехнічні характеристики кускового поруватого штучного палива;

- вперше одержано нові уявлення про кінетику та динаміку вигорання бездимного твердого палива, які полягають у його здатності при спалюванні у середньотемпературній зоні реагувати з киснем повітря на початковому етапі конверсії у кінетичній фазі. Встановлено, що у високотемпературній зоні бездимне тверде паливо реагує з киснем у зовнішньо-дифузійній фазі, що збільшує швидкість спалювання;

- вперше обґрунтована здатність комплексної вуглецьвмісної зв'язуючої речовини, що має склад: 67% фусів, 30% кислій смолки, 3% полімерів, забезпечити міцність брикетів на стадії структурування. Доведено можливість повної утилізації рідких відходів коксохімічного виробництва методом їх використання як зв'язуючого матеріалу у кількості 10–15%;

- отримало подальший розвиток уявлення щодо взаємодії пентаборату калію з поверхнею шматків доменного коксу у процесі позапічної обробки для створення захисного шару на поверхні коксу. Доведено можливість покращення показників якості доменного коксу, а саме реакційної здатності та його післяреакційної міцності, до рівня міжнародних стандартів;

- отримали подальший розвиток теоретичні уявлення щодо зв'язку між показниками CRI та CSR і процесами адсорбції борвмісних речовин у внутрішні шари пористої структури доменного коксу, що полягають в покращенні цих показників після часової витримки коксу. Експериментально підтверджено причину встановлених змін як сукупну дію чинників: зменшення питомої поверхні коксу, збільшення поверхні кристалітів коксу, покритих захисним шаром дімерних аніонів $B_2O_4^{2-}$, збільшення кількості іонів K^+ , що інтеркалірують в пористу вуглецеву структуру коксу;

- отримала подальший розвиток концепція ресурсозберігаючої технології енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля. На підставі теоретичних і експериментальних досліджень у промислових умовах встановлена можливість створення комплексної технології в умовах коксохімічного виробництва, що дозволить здійснити її диверсифікацію.

У практичному аспекті дисертаційної роботи за результатами проведених досліджень здобувачем доведено можливість створення в умовах коксохімічного виробництва гнучкої комплексної ресурсо- та енергозберігаючої екологічно чистої технології. До особливостей цієї

технології слід віднести можливість адаптуватися до сучасних ринкових умов, до змін сировинної баз, а також можливість диверсифікації коксохімічних підприємств.

Дисертантом розроблено новий спосіб отримання відновного газу методом низькотемпературної газифікації розпеченого бездимного твердого палива. Встановлено можливість підвищення ККД газифікації до 92%, використання як сировини бездимного вуглецевого твердого палива незалежно від класу крупності, зниження витрат кисню. За умов реалізації пропонованого способу газифікації економія бездимного твердого палива складає 12%, суттєво покращуються екологічні показники виробництва за рахунок ліквідації викидів в атмосферу під час гасіння розпеченого бездимного твердого палива.

У дисертаційній роботі автором встановлено та експериментально підтверджено параметри процесу часткового брикетування вугілля/вугільної шихти перед коксуванням. Як зв'язуючу речовину запропоновано використати рідкі відходи коксохімічного виробництва у вигляді багатокомпонентної вуглецевмісної речовини.

Здобувачем розроблений метод позапічної обробки доменного коксу водним розчином пентаборату калію з добавкою поверхнево-активної речовини, що забезпечує створення захисного шару на поверхні коксу. Для обробки пропонується використовувати 10% водний розчин, що має забезпечити підвищення показника CSR на 10–12% та зниження показника CRI на 6–8%.

Одержані дисертантом висновки та рекомендації знайшли практичне застосування в діяльності коксохімічних підприємств. Технології утилізації рідких відходів коксохімічного виробництва при частковому брикетуванні вугільної шихти перед коксуванням та позапічної обробки коксу боратами впроваджені у виробничому процесі ПрАТ «Макіївкокс». Технологія виробництва вуглецевого твердого бездимного палива та технологія позапічної обробки коксу водними розчинами боратів впроваджені у виробничому процесі ПАТ «Ясинівський КХЗ». Технологія позапічної обробки коксу водними розчинами неорганічних речовин прийнята до використання в умовах коксохімічних підприємств міжнародної вертикально інтегрованої гірничо-металургійної групи компаній Метінвест.

Результати дисертаційної роботи **використовуються** у навчальному процесі на спеціалізованих кафедрах: технології переробки нафти, газу і твердого палива (Національний технічний університет «Харківський Політехнічний Інститут»); хімічної технології переробки нафти і газу (Національний університет «Львівська політехніка»); металургійного палива

та вогнетривів (Національна металургійна академія України); хімічної технології палива (Український державний хіміко-технологічний університет); екології (Національний авіаційний університет); хімічних технологій (Донецький національний технічний університет, м. Покровськ).

Загальна характеристика роботи. У вступі описано стан проблеми та її актуальність, сформульовано мету та завдання досліджень, а також наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі виконано ґрунтовний аналіз літературних джерел, стосовно використання ресурсозберігаючих технологій переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва.

У другому розділі обґрунтовано концепцію та складові ресурсозберігаючої технології комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва. Розроблено технологію бездимного твердого палива тощо.

Третій розділ присвячено науково-теоретичним основам обґрунтування ресурсозберігаючої технології комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля.

У четвертому розділі описано результати вивчення практичного застосування ресурсозберігаючої технології комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля.

П'ятий розділ прив'язано оцінці економічної ефективності ресурсозберігаючої технології комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля. Описано результати промислових досліджень та економічні розрахунки від упровадження запропонованих технологічних рішень.

У той же час під час вивчення дисертації й автореферату у опонента виникли наступні дискусійні запитання та невідповідності:

1. У вступі недостатньо інформації про те, що зроблено у данному аспекті іншими науковцями в Україні та світі. Бажано було б це під час критичного огляду висвітлити.

2. Перший розділ перевантажено аналітичною інформацією. Бажано було б його обсяг скоротити до 30 сторінок. Щодо іншої інформації, то варто було б її концентровано позиціонувати та послатись на відповідні літературні джерела.

3. Декларативним, на погляд опонента, є твердження автора, що *«...інноваційні технології у коксохімічному виробництві повинні забезпечити не тільки захист навколишнього середовища...»*.

4. Вимагає додаткового пояснення твердження автора про комплексну енерго-хіміко-технологічну технологію переробки вугілля на засадах

екологічного підходу. У чому полягає сутність екологічного підходу?

5. У роботі багато результатів експериментальних досліджень, але інформації про якість цих результатів відсутня. Варто було б навести метрологічні показники приладів і оцінити похибки результатів вимірювань.

6. Вимагає додаткового пояснення задекларована інформація щодо параметрів процесу брикетування, зокрема, час структурування брикетів за температури 140–160 °С одна година. Як обґрунтовано цей температурний діапазон і тривалість? І чому тоді далі у висновку автор стверджує, що це лише рекомендоване використання? Які параметри технологічного процесу є оптимальними?

7. Формулювання загальних висновків (зокрема, пп. 5, 8–10) сформульовані у стилі складнопідрядного речення, що перевантажує сприйняття отриманого та репрезентованого наукового або практичного результату наукової роботи. Тут доцільно було б конкретизувати суть отриманого результату у більш лаконічній формі, що репрезентувала б конкретний обґрунтований науковий результат.

8. Під час розрахунку економічної ефективності застосування ресурсозберігаючої технології комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля автор інформує, що доведено техніко-економічні переваги, економічність, період окупності тощо.

Доречним є запитання щодо методики виконання такого розрахунку, адекватність цієї методики. Чи виконувався автором PEST і SWOT аналізи, порівняльний функціонально-вартісний або бенчмаркінговий аналізи. Як оцінювався екологічний ефект?

9. У тексті дисертації й автореферату зустрічаються редакційні, стилістичні та термінологічні помилки. Так, наприклад, автором часто помилково вживаються такі конструкції «напрямки» замість «напрями», «шляхом» замість «через», «наукові задачі» замість «наукові завдання», «зрахунок» замість «через», «при» замість «під час або у процесі ...», «з'єднання» замість «сполуки», «розробка» замість «розроблення», «у якості» замість «як», «окислювальним» замість «окиснювальним» і т.п..

Однак, виявлені невідповідності не знижують науково-практичної цінності дисертаційної роботи. Наукова новизна, практичне значення результатів та їх апробація аргументовані, кількість публікацій цілком достатня.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

На підставі вивчення дисертаційної роботи й автореферату Збиковського Є. І. можна стверджувати, що дисертація «Науково-теоретичні основи розробки ресурсозберігаючої технології комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва» є завершеною кваліфікаційною працею, в якій автором виконано прикладне дослідження щодо розроблення ресурсозберігаючої технології переробки вугілля. Мета дисертації спрямована на вирішення актуальної науково-прикладної проблеми розроблення гнучкої комплексної енерго- та ресурсозберігаючої технології переробки вугілля в умовах діючого коксохімічного підприємства.

Результати роботи містять наукову новизну та мають практичне значення. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів.

Вирішення завдань дисертаційного дослідження та отримані нові науково-теоретичні й практичні результати у сукупності є важливими для розвитку теорії та практики створення нових технологій переробки твердого палива. Дисертаційна робота має логічну структуру. Зміст автореферату та дисертації є ідентичним і адекватно відображають основні положення дисертації.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дана дисертаційна робота відповідає вимогам ДАК України, зокрема пп. 9, 10, 12, 13 та 14 Порядку присудження наукових ступенів (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами згідно Постанов Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 № 656, від 30.12.2015 № 1159, від 27.07.2016 р. № 567 і від 20.11.2019 р. № 943), а сам автор, **Збиковський Євген Іванович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів

Декан факультету екологічної безпеки,
інженерії та технологій,
науковий керівник Українського науково-дослідного
та навчального центру хімотології
та сертифікації ПММ і ТР
Національного авіаційного університету,
доктор технічних наук, професор



С. В. Бойченко