

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

на дисертаційну роботу **Глуховері Миколи Романовича**  
на тему «Технологія збільшення вилучення паливної маси із  
золошлакових відходів вугільних теплоелектростанцій», яка  
представлена на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань  
18 – Виробництво та технології за спеціальністю 184 – «Гірництво»

### **Актуальність теми дисертації**

Робота вітчизняних теплоелектростанцій (ТЕС), що працюють на енергетичному вугіллі, неможлива без утворення значного обсягу золошлакових відходів (ЗШВ), які складуються поряд з ними. За десятиріччя роботи ТЕС накопичився значний обсяг ЗШВ, які містять як цінні метали, так, й будівельні матеріали, так, й вугілля, що не було спалено в топках. Вітчизняні та закордонні фахівці розглядають ці звалища як техногенні родовища, з яких можна видобувати рідкоземельні та дорогоцінні метали, а решту покладів доцільно використовувати в будівельній промисловості в якості різноманітних добавок до будівельних сумішей. Але стримує реалізацію цього підходу наявність у вітчизняних ЗШВ вугілля, що не було спалено в топці та було отримано при очищенні димових газів. Вилучення цього вугілля з відвалів ТЕС дозволяє вирішити три основні проблеми: забезпечення якісним паливом електростанції; виробництво сировини для будівельної промисловості; повернення земель, що заняті звалищами ЗШВ до аграрного використання. Таким чином, тема дисертаційної роботи Глуховері М.Р. є важливою та актуальною, а результати роботи не втрачають свого значення навіть у перспективі декарбонізації енергетики, оскільки після зупинки ТЕС відвали ЗШВ залишаться й їх буде потрібно ліквідувати.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни**

Обґрунтованість і достовірність наведених у дисертації наукових результатів забезпечується детальним аналізом інформаційних джерел за темою дисертаційного дослідження, чіткою постановкою мети і задач дисертації, коректністю прийнятих припущень та постановок математичних задач, а також застосуванням сучасних загальноновизнаних наукових підходів при плануванні та виконанні експериментальних досліджень. Збіжність отриманих математичних моделей прогнозування показників збагачення корелюються з отриманими результатами лабораторних та напівпромислових випробувань.

Отримані в дисертації висновки є об'єктивними, коректними та відповідають задачам досліджень. Постановлені в дисертаційній роботі наукові завдання виконано у повному обсязі, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

### **Новизна результатів дисертації Наукове значення роботи**

Для процесу флотації ЗШВ встановлено залежність кількості розкритих вугільних та породних частинок від середньої крупності вкраплень, середньої відстані між зернами вкраплень, середньої крупності подрібнення та зольності в

середній точці вмісту вугілля, що вперше дозволяють визначити показники розкриття фракції у золі винесення ТЕС та рекомендувати раціональні характеристики технології її збагачення.

Розроблена математична модель процесу взаємодії бульбашки повітря з частинкою вугілля, що відбувається в камері флотаційної машини, яка вперше дозволяє визначити ймовірність контакту між ними та ймовірність утворення агломерату в результаті цього контакту, в залежності від діаметру та густини частинок, а також відстані між ними.

Встановлена залежність об'ємного вмісту виступів та впадин на поверхні вугільної частинки ЗШВ від діаметру частинки та середнього квадратичного відхилення реальної поверхні від діаметру еквівалентної сфери, що вперше дозволяє розрахувати додатковий обсяг реагенту-збирача для забезпечення оптимального режиму флотації.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Отримано регресійну модель процесу флотації на ежекторній флотаційній машині, яка вперше дозволяє прогнозувати зольність вилученої паливної маси в залежності від зміни тиску гідросуміші в живильному трубопроводі, витрат збирача та спінювала, а також тривалості флотаційного процесу.

Експериментальним шляхом для флотаційних машин ЕФМ і МФВ встановлено залежність гранулометричного складу бульбашок повітря в камерах флотаційної машини в залежності від витрати та тиску повітря, а також швидкості обертання імелера, які мають практичне значення та можуть використовуватися іншими дослідниками.

Розроблено методику визначення оптимального дозування реагенту-збирача при флотації ЗШВ, яка дозволяє визначати необхідну витрату реагенту-збирача не тільки з урахуванням діаметру частинок, але й вперше враховує параметри відхилення поверхні частинки від діаметру еквівалентної сфери.

Очікуваний річний економічний ефект від впровадження наукових розробок автора становить 51,3 млн. грн.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури із 135 найменувань, 5-ти додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 160 сторінок, в роботі налічує 49 рисунки та 34 таблиці.

В першому розділі автор обґрунтовує актуальність та перспективність переробки ЗШВ в Україні, наводить данні про обсяги ЗШВ на ТЕС та можливі напрямки їх використання. Наведена загальна характеристика вітчизняних ЗШВ та проаналізовано перепони, що існують на шляху їх переробки. На підставі цього обґрунтовано необхідність вилучення вугілля з ЗШВ, як необхідний захід їх подальшої перероби та використання. Розглянуті технології збагачення, які можуть бути використані при переробці ЗШВ. Сформулював мету, ідею, методи та основні задачі дослідження.

У другому розділі експериментальним шляхом досліджено збагачувальні характеристики ЗШВ Чернігівської теплоелектроцентралі. Проби, що були відібрані з відвалів, досліджувались під мікроскопом, був визначений хімічний, фракційний та гранулометричний склад ЗШВ. Результати дослідження можливості збагачення ЗШВ магнітними та флотаційними методами вказали на перспективність застосування для вилучення вугілля методом флотації. Використавши центральне композиційне планування експерименту була побудована регресійна модель процесу флотації, що дозволяє прогнозувати зольність вилученої паливної маси в залежності від зміни тиску гідросуміші в живильному трубопроводі, витрат збирача та спінювала, а також тривалості флотаційного процесу. Розроблено методику обчислення очікуваних показників збагачення ЗШВ та обґрунтовано технологічну схему флотаційного вилучення вугілля з золи ТЕС.

Третій розділ роботи присвячено теоретичному дослідженню кінетиці процесу флотації при вилученні вугілля з золи ТЕС. Автор з використанням відомих методів термодинамічного аналізу дослідив процес прилипання частинки вугілля до бульбашки повітря, що рухається крізь шар гідросуміші, та сформулював умови реалізації цього процесу. Отримано цікаві експериментальні результати по встановленню гранулометричного складу бульбашок повітря в камерах флотаційних машин різного типу, які мають практичне значення та можуть використовуватися іншими дослідниками. Все це дозволило розробити методику визначення ймовірності контакту вугільної частинки з повітряною бульбашкою у флотаційній камері та оцінити ймовірність утворення йми агломерату. Вперше запропоновано науково обґрунтовані рекомендації по розрахунку оптимального дозування реагенту-збирача необхідного для ефективного вилучення паливної маси із ЗШВ, що враховує відхилення поверхні вугільних частинок від сфери.

Четвертий розділ присвячений розробці технології ЗШВ ТЕС. Автор наводить опис технологічної схеми, розраховує якісно-кількісну та водно-шламову схеми, а також баланс продуктів переробки та показники технологічного режиму. Наводиться розрахунковий вміст твердого у продуктах переробки, балансова таблиця використання води, схема ланцюга обладнання технологічного комплексу, специфікація технологічного обладнання та його технічні характеристики, а також техніко-економічне обґрунтування технології.

У заключних висновках викладено стисло характеристику результатів наукового пошуку та рекомендації для їх практичного використання для переробки техногенних родовищ ЗШВ ТЕС, що працюють на енергетичному вугіллі.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Глуховері М.Р. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 184 Гірництво.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на плагіат, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Глуховері М.Р. є результатом самостійних досліджень і не містить елементів фальсифікації, фабрикації, плагіату та запозичень.

## **Мова та стиль викладання результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Викладення матеріалів відзначається логічною послідовністю, стиль написання є науковим з урахуванням міжнародної та вітчизняної термінології.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог МОН України від 12 січня 2017 року №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

## **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Основний зміст результатів дисертаційної роботи висвітлені в 8 наукових публікаціях, серед яких: 1 стаття у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних SCOPUS.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

## **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

В якості недоліків та зауважень до дисертаційної роботи можна зазначити наступне:

1. В роботі при дослідженні процесу флотації золошлакових відходів ТЕС без якого-небудь обґрунтування в якості реагента-збирача обрано технічний гас, а піноутворювача – масло Т-66. Автор не наводить жодного аргументу чому це зроблено саме так, не перевіряє чи відповідає такий вибір вимогам (3.6), що рекомендовано їм самим, та не посилається на практичний досвід флотації подібних матеріалів.

2. В третьому розділі автор отримав дуже цікаві результати по гранулометричному складу бульбашок повітря в камерах флотаційних машин різного типу, які на мій погляд мають практичне значення та можуть використовуватися іншими дослідниками. Але, вважаю що, автору треба було отримати аналітичну формулу, що відображає розподіл вмісту бульбашок по їх діаметрам, наприклад шляхом апроксимації залежностей, які він наводить в роботі на рис. 3.5 та 3.6 або табл. 3.1 та 3.2.

3. При побудові кінематичної моделі зіткнення бульбашок та мінеральних частинок автор, користуючись формулою Ю.Б. Рубінштейна (3.50), розраховує силу Стокса (3.53) для бульбашки, без достатнього обґрунтування оцінює припустимість застосування цієї формули виконує за числом Рейнольдса для мінеральної частинки (3.52), використовуючи в якості характерного розміру не діаметр бульбашки а діаметр мінеральної частинки, а також обирає для цього швидкість руху частинки а не бульбашки, чи їх комплексу.

4. При побудові кінематичної моделі зіткнення бульбашок та мінеральних частинок автор на сторінці 142, в поясненнях до формул тричі вказує одну й ту ж величину – коефіцієнт динамічної в'язкості, не пояснюючи якої рідини, хоча в деяких формулах її взагалі немає. Автор не пояснює також чи враховує цей параметр наявність реагентів й як саме вони впливають на нього. Це ускладнює сприйняття моделі, що пропонується автором.

5. При побудові кінематичної моделі зіткнення бульбашок та мінеральних частинок автор без жодного обґрунтування вважає тверді частинки

сферичними. А в наступних частинах цього ж розділу він досліджує відмінність їх поверхні від сферичної для визначення об'єму порожнин виступів та впадин на їх поверхні. Такий підхід до розгляду форми твердих частинок потребує, або обґрунтування того факту, що такі відхилення поверхні твердих частинок не привносять суттєвого впливу на гідравлічну їх крупність, або, уведення в формулу для розрахунку швидкості спливання агломерату коефіцієнтів форми твердих частинок.

6. З тексту роботи не зрозуміло, як отримано рядки 2, 3 та 4 в табл. 3.3, сторінка 149, що ускладнює оцінку подальших розрахунків автора.

7. Треба зазначити про прикру плутанину в позначеннях величин, наприклад, на сторінці 127 густина твердого позначена різними символами.

Зауваження, що зазначені, не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів, а скоріше можуть розглядатися як напрямки майбутніх досліджень, і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Загальний висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота Глуховері Миколи Романовича на тему «Технологія збільшення вилучення паливної маси із золошлакових відходів вугільних теплоелектростанцій», в якій на підставі вперше отриманих математичних моделей прогнозування показників збагачення ЗШВ та визначення оптимального дозування реагентів, та з використанням результатів науково обґрунтованих експериментальних досліджень, розроблені раціональні рішення щодо підвищення вилучення паливної маси, є закінченим науковим дослідженням, яке виконано на високому науковому рівні та не порушує принципів академічної доброчесності. Отримані в дисертаційній роботі результати є новими та належать безпосередньо автору, а результати досліджень інших авторів наведені з відповідними посиланнями на них.

Дисертаційна робота за практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи пр. присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а її автор, Глуховеря Микола Романович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 18 – Виробництво та технології за спеціальністю 184 «Гірництво».

Офіційний опонент

Доктор технічних наук,

старший науковий співробітник

завідувач відділу проблем шахтних енергетичних комплексів

Інституту геотехнічної механіки

ім. М.С. Полякова НАН України

Євген СЕМЕНЕНКО