

Рецензія

рецензента к.т.н., доцента Сінкевич Ірини Валеріївни
на дисертаційну роботу **Маліка Івана Костянтиновича**
«Розробка технології отримання ВІО-СНАР»
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 161-Хімічні технології та інженерія

1. Актуальність теми

Україна є одним із світових лідерів з виробництва деревного вугілля, причому 93 % українського деревного вугілля експортується переважно до країн-членів Європейського Союзу, таких як Польща, Німеччина, Румунія та Бельгія.

Враховуючи зазначене вище, є доцільним виконання досліджень щодо розробки технології отримання деревного вугілля (bio-char) з рослинної сировини на оригінальному обладнанні, яке розроблено та виготовлено в Україні. Це дозволить підвищити валютні надходження до України та краще інтегруватися до Європейського Союзу.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація виконана в рамках науково-дослідної роботи «Визначення факторів, що впливають на вихід та якість деревного вугілля» (ДР№ 0123U104474, замовник – ТОВ «ГРІНПАУЕР УКРАЇНА» м. Харків), в якій здобувач був співкерівником.

3. Аналіз змісту дисертації. Ступень обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Дисертаційна робота спрямована на розвиток наукових основ і уявлень щодо розробки рекомендації щодо виробництва деревного вугілля (bio-char) з рослинної сировини.

Об'єкт дослідження – оптимізація процесу карбонізації рослинної сировини з метою отримання деревного вугілля.

Предмет дослідження – рослинна сировина, деревне вугілля.

Мета – на підставі виконання теоретичних та експериментальних досліджень вирішити важливе науково-практичне завдання, яке характеризується науковою новизною і має практичне значення, а саме – розробити рекомендації щодо виробництва деревного вугілля (bio-char) з рослинної сировини.

В дисертаційній роботі вирішене важливе науково-практичне завдання, яке характеризується науковою новизною і має практичне значення, а саме – розробці технології отримання деревного вугілля (bio-char).

В експериментальній частині роботи використані сучасні стандартизовані методи визначення властивостей рослинної сировини та

деревного вугілля (bio-char) – технічний (W r t , W a , A d , S d t , V d a f) і елементний (C d a f , H d a f , N d a f , S d t , O d a f d) аналізу.

Деревне вугілля (bio-char) отримували на установці безперервної дії для термічної переробки рослинної сировини (патент України на корисну модель №133566).

Установка безперервної термічної переробки рослинної сировини) та на лабораторній установці для визначення впливу температури та тиску на вихід та якість деревного вугілля (bio-char). Теплоту згоряння рослинної сировини та деревного вугілля (bio-char) визначали згідно ДСТУ ISO 1928:2006 (ISO 1928:1995, IDT). Палива тверді мінеральні. Визначення найвищої теплоти згоряння методом спалювання в калориметричній бомбі та обчислення найнижчої теплоти згоряння.

Статистичний аналіз отриманих результатів і розробка математичних залежностей виконувалася за допомогою ліцензійної комп'ютерної програми Microsoft Excel.

У вступі обґрунтована актуальність задач дослідження, показано зв'язок роботи з науковою темою, сформульована мета та основні задачі, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача, відзначена апробація результатів роботи.

В першому розділі здійснений аналітичний огляд вітчизняних та світових джерел інформації, щодо отримання деревного вугілля (bio-char).

Встановлено, що деревне вугілля (bio-char) використовується для виробництва хімічних речовин та різноманітних фармацевтичних продуктів. Воно також використовується для переробки металів, для виготовлення феєрверків, виробництва активованого вугілля, а також для домашнього приготування та опалення. На сьогоднішній день у світі було виробляється понад 50 мільйонів тон деревного вугілля (bio-char) на рік.

Вихід та якість деревного вугілля (bio-char) пов'язані з типами біомаси та їх характеристиками, такими як розмір, фізичні властивості та частка хімічних компонентів. Більше того, на якість деревного вугілля (bio-char) сильно впливають такі параметри процесу, як температура карбонізації, швидкість нагрівання, рівень кисню та тиск. Крім того, якість деревного вугілля (bio-char) оцінюється шляхом безпосереднього аналізу, елементного аналізу, теплоти згоряння тощо.

Доведено, що більша частина світового виробництва деревного вугілля (bio-char) все ще використовує традиційні печі з низькими технологіями, що призводить до погіршення виходу та якості деревного вугілля (bio-char).

У другому розділі охарактеризовано необхідний і достатній набір інструментальних, переважно, стандартизованих методів дослідження складу і властивостей рослинної сировини та деревного вугілля (bio-char).

Розглянута розроблена установка безперервної дії для термічної переробки рослинної сировини, конструкція якої забезпечить досягнення

технічного результату, що полягає у підвищенні продуктивності та зниженні енергоспоживання за рахунок утворення теплоносія в процесі спалювання газоподібних продуктів, утворених в результаті термічної обробки сировини у каналах для сировини, та передачі тепла від каналу для теплоносія через стінку сусідньому каналу з сировиною (при цьому сировина та теплоносії рухаються протитечійно), що також робить установку автономною – одержуваного тепла вистачає на нагрівання нової порції сировини, процес протікає безперервно та дозволяє раціонально використовувати теплову енергію. Крім того, розглянута лабораторна установка для визначення впливу температури та тиску на вихід та якість деревного вугілля (bio-char).

Ретельно розглянутий метод визначення найвищої теплоти згоряння на сухий беззолний стан згідно ДСТУ ISO 1928:2006 «Палива тверді мінеральні. Визначення найвищої теплоти згоряння методом спалювання в калориметричній бомбі та обчислення найнижчої теплоти згоряння».

У третьому розділі наведені дані щодо визначення теплоти згоряння рослинної сировини та деревного вугілля (bio-char).

У четвертому розділі наведені результати отримання деревного вугілля (bio-char) в промислових умовах, а також економічна ефективність отримання деревного вугілля (bio-char). Визначено найвищу теплоту згоряння на сухий беззолний стан згоряння 35 зразків рослинної сировини та 35 зразків деревного вугілля (bio-char).

Встановлені необхідні для розрахунку показники їх технічного, елементного та калориметричного аналізів.

Розроблені графічні залежності фактичних і розрахункових значень найвищої теплоти згоряння рослинної сировини та деревного вугілля (bio-char) від вмісту показників технічного та елементного аналізів. Розроблено математичні та графічні залежності між фактичними та розрахунковими значеннями найвищої теплоти згоряння рослинної сировини та деревного вугілля (bio-char). Виконано статистичний аналіз цих рівнянь. Розраховано, що окупність ділянки з виробництва деревного вугілля становить 9 місяців, а рентабельність виробництва – 49 %.

У п'ятому розділі досліджували вплив температури та тиску на вихід та якість деревного вугілля (bio-char).

Встановлено, що процес піролізу рослинної сировини багато в чому залежить від температури і тиску, які визначають вихід і якість одержуваного деревного вугілля (bio-char).

Висновки сформульовано чітко, вони повністю висвітлюють отримані результати та відповідають поставленим завданням дослідження. За своїм рівнем висновки повністю відповідають вимогам, які висувуються до результатів дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список використаних джерел достатньо повно охоплює предметну галузь та відображає опрацювання автором значної кількості сучасних вітчизняних та закордонних джерел.

Додатки до роботи містять матеріали досліджень, що не увійшли в основну частину.

4. Наукова новизна отриманих результатів.

В дисертаційній роботі вперше:

1. Виконано статистичний аналіз взаємозв'язку показників технічного і елементного аналізів, а також вищої теплоти згорання 362 проб рослинної сировини для виробництва біогазу, деревного вугілля і торрефіцірованої біомаси. Встановлено, що найбільш тісно в органічній масі рослинної сировини пов'язані показники вмісту вуглецю і кисню. Показано, що залежність вмісту вуглецю від вмісту кисню носить лінійний характер ($r=0,898$), а залежність атомної відносини вуглецю до кисню від вмісту вуглецю і кисню – квадратичний ($r=0,946$ і $r=0,965$). Розроблено математичні та графічні залежності, що дозволяють з високою точністю ($0,849$) прогнозувати величину вищої теплоти згорання рослинної сировини за даними його елементного аналізу, а саме: за вмістом вуглецю, кисню і атомного відношення вуглецю до кисню.

2. Проведено статистичний аналіз взаємозв'язку між показниками технічного та елементного аналізів, а також теплоти згорання 73 зразків деревного вугілля. Виявлено, що показники вмісту вуглецю та кисню найбільш тісно пов'язані в органічній масі деревного вугілля ($r=0,987$).

Залежність атомних співвідношень (i) від вмісту вуглецю та кисню має ступеневий характер, а також залежність теплоти згорання від цих співвідношень. Прогноз теплоти згорання з найвищою точністю можна здійснити за даними визначення виходу летких речовин ($r=0,8002$) або нелеткого вуглецю ($r=0,8002$) у деревному вугіллі.

3. Встановлено, що вплив температури на вихід деревного вугілля носить поліноміальний характер, а вплив тиску на вихід деревного вугілля - експоненціальний характер. Підвищення температури в діапазоні від 400 до 600 о С на кожні 1 о С призводить до зниження виходу деревного вугілля на 0,06 %. Подальше підвищення температури до 700 о С практично не впливає на вихід деревного вугілля. Підвищення тиску на 0,1 МПа в інтервалі від 0,1 до 2,0 МПа призводить до збільшення виходу деревного вугілля на 0,13 % на кожен 0,1 МПа.

4. Показано, що вплив температури на вихід летких речовин та зв'язаний вуглець деревного вугілля носить поліноміальний характер, а вплив температури на зольність та найвищу теплоту згорання деревного вугілля - лінійний характер. Підвищення температури в діапазоні від 400 до 700 о С на кожні 1 о С призводить до підвищення зольності деревного вугілля на 0,0064 %, зниження виходу летких речовин на 0,123 %, підвищенні зв'язаного вуглецю на 0,122 % та підвищенні вищої теплоти згорання на 0,0122 МДж/кг. Вплив тиску на зольність, вихід летких речовин,

зв'язаний вуглець та найвищу теплоту згоряння деревного вугілля носить поліноміальний характер.

Підвищення тиску від 0 до 2 МПа призводить до зміни якості деревного вугілля за такими показниками: зольність від 3,1 до 3,4 %; вихід летких речовин від 17,4 до 11,6 %; зв'язаний вуглець від 81,1 до 88,2 %; вища теплота згоряння від 31,8 до 34,3 МДж/кг.

5. Достовірність отриманих результатів та висновків.

Достовірність теоретичних результатів, отриманих в дисертаційній роботі підтверджено експериментальними дослідженнями на розробленій установці безперервної дії для термічної переробки рослинної сировини

6. Практична цінність отриманих результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання.

1. Розроблено, запатентовано та впроваджене у виробництво Установку безперервної дії для термічної переробки рослинної сировини та виробництва деревного вугілля (bio-char). Конструкція Установки дозволяє підвищити продуктивність та знизити енергоспоживання за рахунок утворення теплоносія в процесі спалювання газоподібних продуктів, утворених в результаті термічної обробки сировини у каналах для сировини, та передачі тепла від каналу для теплоносія через стінку сусідньому каналу з сировиною (при цьому сировина та теплоносій рухаються протитечійно), що також робить установку автономною – одержуваного тепла вистачає на нагрівання нової порції сировини, процес протікає безперервно та дозволяє раціонально використовувати теплову енергію.

2. Адекватність розроблених математичних залежностей (п.п. 1, 2 наукової новизни) перевірено фактичними дослідженнями за участі виробленого деревного вугілля (bio-char) на Установці безперервної термічної переробки рослинної сировини.

Результати досліджень свідчать про адекватність розроблених залежностей, та дозволяють зробити висновок про можливість з високою точністю прогнозувати величину вищої теплоти згоряння рослинної сировини за вмістом вуглецю, кисню, або їх атомного співвідношення, а деревного вугілля – за даними визначення виходу летких речовин або нелеткого вуглецю.

3. Основні теоретичні положення та результати експериментальних досліджень, викладені в дисертації, використовуються у виробничій діяльності в Державному підприємстві «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)» та ТОВ «ГРІНПАУЕР» (Додатки Б, В) та в навчальному процесі на кафедрі технологій переробки нафти, газу та твердого палива Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (Додаток Г).

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень і результатів в опублікованих працях.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки повністю відповідають поставленим завданням дослідження та логічно витікають з отриманих результатів дослідження.

Проведено перевірку дисертації на наявність академічного плагіату, отримані результати свідчать про високу індивідуальність дисертаційної роботи. Використання результатів, отриманих іншими науковцями супроводжується відповідними посиланнями на відповідні джерела.

Всі основні положення та найбільш важливі наукові результати дисертації, опубліковані в необхідному обсязі у фахових наукових виданнях України та закордонних періодичних виданнях, пройшли відповідну апробацію на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях.

Основні матеріали дисертаційної роботи представлені у 21 наукових праць, у тому числі 1 стаття у періодичних наукових виданнях, які включені до наукометричних баз Scopus та Web of Science та 4 статей у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України; 13 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях та 3 патентах на корисну модель.. Усі публікації містять результати роботи автора на окремих етапах виконання дисертаційної роботи та відображають основні її положення і висновки.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У чому ж актуальність роботи?
2. Які джерела сировини існують і чи достатньо їх в Україні?
3. За якими методиками розраховувалася економічна ефективність і чи враховує вона всі виробничі чинники?
4. Які передбачаються заходи щодо нейтралізації небезпечних та шкідливих виробничих факторів?
5. В роботі присутні стилістичні помилки.

Слід відмітити, що зазначені вище недоліки та зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової і практичної цінності.

9. Висновки.

Представлена дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково-обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу, яка має важливе значення для галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія». Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія».

З огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладення матеріалу в наукових публікаціях, відсутністю порушення академічної доброчесності, вважаю, що дисертація здобувача Маліка Івана Костянтиновича «Розробка технології отримання BIO-CHAR» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія», повністю відповідає вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сам автор, Малік Іван Костянтинович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія».

Рецензент – професор кафедри технологій
переробки нафти, газу та твердого палива
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
к.т.н., доцент

Ірина СІНКЕВИЧ



Підпис *Ірина Сінкевич*
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕННИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
08.01.2024 р.

ЗАЙЦЕВ Ю. І.