

ВІДГУК

офіційного опонента Шевченко Олени Борисівни к.т.н., доцента на дисертаційну роботу Маліка Івана Костянтиновича «Розробка технології отримання BIO-CHAR», представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія

Актуальність теми

Деревне вугілля є основним продуктом карбонізації біомаси та має широкий спектр застосування в різних галузях промисловості: пряме спалювання деревного вугілля як твердого палива; газифікація деревного вугілля для отримання синтез-газу; очищення димових газів, десульфурація газів або води; у якості відновника в металургійній промисловості тощо. У хорошому деревному вугіллі зберігається структура деревини, у торцях шматків вугілля, особливо хвойного, повинні бути чітко видно річні шари. Якісне деревне вугілля має бути міцним, блискучим чорним кольором, мати мало радіальних тріщин і видавати при постукуванні дзвінкий звук, горіти без запаху і диму. До основних якостей вугілля відноситься міцність, що знижує втрати при вантажно-розвантажувальних роботах з ним та перевезенні. Значний вплив на міцність має порода деревини.

Світовий імпорт та експорт деревного вугілля оцінюється у 1,16 млрд. доларів США. Існує внутрішньо європейська торгівля деревним вугіллям, причому Україна, є одним з основних постачальником.

Тому дисертаційна робота Маліка І.К. спрямована на вирішення науково-практичної задачі – розробка рекомендації щодо виробництва деревного вугілля (bio-char) з рослинної сировини., є актуальною.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри технології переробки нафти, газу та твердого палива Національного технічного університету «ХПІ» 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.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Маліка Івана Костянтиновича, достатньою мірою обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на використанні математичного апарату. Результати перевірені шляхом проведення практичних експериментів, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень, що виконано на сучасному обладнанні.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

1. Виконано регресійний 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 ($R^2=0,898$), а залежність атомної відносини вуглецю до кисню (C/O) від вмісту вуглецю і кисню – квадратичний ($R^2=0,946$ і $R^2=0,965$). Розроблено математичні та графічні залежності, що дозволяють з високою точністю ($R^2>0,849$) 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 регресійний аналіз взаємозв'язку між показниками технічного та елементного складів а також теплоти згорання 73 зразків деревного вугілля. Виявлено, що показники вмісту вуглецю та кисню найбільш тісно пов'язані в органічній масі деревного вугілля ($R^2=0,987$). Залежність атомних співвідношень

(C/H і C/O) від вмісту вуглецю та кисню має ступеневий характер, а також залежність теплоти згоряння від цих співвідношень. Прогноз теплоти згоряння з найвищою точністю можна здійснити за даними визначення виходу летких речовин ($R^2=0,8002$) або нелеткого вуглецю ($R^2=0,8002$) у деревному вугіллі.

3. Встановлено, що вплив температури на вихід деревного вугілля носить нелінійний характер, а вплив тиску на вихід деревного вугілля – експоненціальний характер. Підвищення температури в діапазоні від 400 до 600 °C на кожні 1 °C призводить до зниження виходу деревного вугілля на 0,06 %. Подальше підвищення температури до 700 °C 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 нелінійний характер, а вплив температури на зольність та найвищу теплоту згоряння деревного вугілля – лінійний характер. Підвищення температури в діапазоні від 400 до 700 °C на кожні 1 °C 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 згоряння на 0,0122 МДж/кг. Вплив тиску на зольність, вихід летких речовин, зв'язаний вуглець та найвищу теплоту згоряння деревного вугілля носить нелінійний 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.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень.

1. Розроблена технологія отримання деревного вугілля (bio-char).
2. 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 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.

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

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні матеріали дисертаційної роботи представлені у 22 друкованих працях, в тому числі: 5 статтях (2 з них, в журналах, що включені до наукометричної бази SCOPUS та 3 у наукових фахових виданнях України), 4 патентах (3 з них закордонних) на корисну модель та у 13 матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій. Участь здобувача в роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Маліка І.К. складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, 4 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами й темами, наведена апробація дисертаційної роботи і публікації.

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. 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).

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 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. Крім того, розглянута лабораторна установка для визначення впливу температури та тиску на вихід та якість деревного вугілля (bio-char).

Наведено метод визначення найвищої теплоти згоряння на сухий беззольний 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 беззольний стан згоряння 35 зразків рослинної сировини та 35 зразків деревного вугілля (bio-char). Встановлені необхідні для розрахунку показники їх технічного, елементного та калориметричного аналізів.

Надані графічні залежності фактичних і розрахункових значень найвищої теплоти згоряння рослинної сировини та деревного вугілля (bio-char) від вмісту показників технічного та елементного аналізів.

Надані математичні та графічні залежності між фактичними та розрахунковими значеннями найвищої теплоти згоряння рослинної сировини та деревного вугілля (bio-char). Виконано регресійний аналіз цих залежностей.

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 до розділів і за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел із 83 найменувань досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

За дисертаційною роботою можна зробити наступні зауваження:

1. Чим пояснюється вибір рослинної сировини для одержання деревного вугілля, чи оцінювали її кількість, як потенційної сировини установки?
2. В розділі 3 виконано регресійний аналіз взаємозв'язку показників технічного і елементного аналізів, а також вищої теплоти згорання 362 проб рослинної сировини ; проведено регресійний аналіз взаємозв'язку між показниками технічного та елементного аналізів, а також теплоти згорання 73 зразків деревного вугілля. Було б бажано визначити найбільш ефективну сировину, яка дозволяє одержати деревне вугілля з кращими показниками.
3. В списку літератури [43] патент 1942 року, за 81 рік не було інших патентів в цій сфері?

Існують недоліки оформлення матеріалу дисертаційної роботи: за текстом іноді зустрічаються друкарські, пунктуаційні та стилістичні помилки.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність і практичну значущість.

Висновок

Дисертаційна робота Маліка І.К. «Розробка технології отримання BIO-CHAR», за своїм змістом відповідає спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія (16 – Хімічна та біоінженерія). Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу – розробку технології отримання деревного вугілля (bio-char), визначення сировинних та технологічних чинників виробництва деревного вугілля.

Подана дисертаційна робота «Розробка технології отримання BIO-CHAR», Маліка І.К. відповідає спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія (16 – Хімічна та біоінженерія), відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а саме: вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Малік Іван Костянтинович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент

Доцент кафедри технології палив, полімерних
та поліграфічних матеріалів ДВНЗ

«Український державний хіміко-

технологічний університет», к.т.н., доц

Олена ШЕВЧЕНКО



05.01.2024 р.