УДК 620.925:581.115

Д.В. Жук

ПІРОЛІЗ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Доповідь присвячена аналізу піролізних технологій переробки деревини на біогаз та біонафту, їх потенційному використанню, а також впливу на екологічну ситуацію та економіку України. Обговорюються ключові етапи технологічного процесу піролізу, оптимальні умови для досягнення високих виходів продуктів, аналізуються практичні приклади впровадження таких технологій у різних регіонах України, а також виявляються виклики та перспективи переходу до використання відновлювальних джерел енергії. У дослідженні також розглядаються економічні аспекти та вплив розвитку піролізних установок на створення нових робочих місць і розвиток енергетичного сектору держави. Додатково оцінюються сучасні технологічні досягнення в галузі термохімічної переробки відходів та можливості їх адаптації для українських реалій.

Ключові слова: піроліз, біогаз, біонафта, переробка деревини, відновлювальна енергетика, екологічна безпека, технологічні процеси, альтернативні джерела енергії, циркулярна економіка.

Abstract

The report is dedicated to the analysis of pyrolysis technologies for processing wood into biogas and bio-naphtha, their potential applications, as well as their impact on the environmental situation and the economy of Ukraine. The key stages of the pyrolysis technological process are discussed, along with the optimal conditions for achieving high product yields. Practical examples of the implementation of such technologies in various regions of Ukraine are analyzed, as well as the challenges and prospects of transitioning to the use of renewable energy sources.The study also examines the economic aspects and the impact of the development of pyrolysis plants on job creation and the growth of the country's energy sector. Additionally, modern technological advancements in the field of thermochemical waste processing and their potential adaptation to Ukrainian conditions are assessed.

Keywords: pyrolysis, biogas, bio-naphtha, wood processing, renewable energy, environmental safety, technological processes, alternative energy sources, circular economy.

ВСТУП

Сучасний розвиток науки та технологій веде до необхідності пошуку нових методів утилізації деревних відходів, що виникають внаслідок діяльності промисловості та сільського господарства. Зростаючі обсяги деревних відходів, викликані інтенсивним використанням природних ресурсів та збільшенням обсягів виробництва, ставлять перед суспільством серйозні екологічні виклики. Традиційні методи утилізації, такі як спалювання або захоронення на сміттєзвалищах, не лише не вирішують проблему, але й часто призводять до забруднення навколишнього середовища та збільшення викидів парникових газів.

Піроліз виступає як один із найперспективніших підходів до ефективної переробки деревини на екологічно чисті та цінні енергетичні продукти, такі як біогаз і біонафта. Піроліз — це термічний процес, що відбувається у безкисневому середовищі, в якому органічні матеріали, зокрема деревина, розкладаються на різні компоненти, включаючи рідкі, газоподібні та тверді продукти. Цей процес дозволяє перетворювати деревні відходи на альтернативні джерела енергії, які можуть бути використані для виробництва електричної та теплової енергії, а також для отримання біопального.

Додатково, у сучасних піролізних установках застосовуються інноваційні каталізатори, що дозволяють покращити якість кінцевих продуктів та підвищити їхню енергетичну ефективність. Впровадження модульних піролізних систем дозволяє застосовувати технологію навіть у малих громадах, що сприяє децентралізації енергетичної системи країни.

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою даного дослідження є комплексний аналіз технології піролізу як ефективного методу утилізації деревних відходів і отримання екологічно чистих енергетичних продуктів. Дослідження спрямоване на визначення оптимальних параметрів процесу, оцінку його впливу на екологічну ситуацію, а також розгляд економічної доцільності впровадження піролізних установок у промисловому масштабі.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі основні завдання:

- Провести детальний аналіз сучасного стану технологій піролізу деревини та їх застосування у світовій та вітчизняній практиці.
- Оцінити екологічні переваги піролізного методу в порівнянні з традиційними способами утилізації відходів, такими як спалювання та захоронення.
- Визначити оптимальні технологічні параметри (температуру, тиск, швидкість нагрівання, вид каталізаторів) для підвищення виходу цінних продуктів.
- Дослідити можливість інтеграції піролізних установок у систему відновлюваної енергетики України.
- Провести економічний аналіз доцільності застосування піролізних технологій в українському контексті, включаючи оцінку інвестиційних витрат та потенційної окупності проєктів.
- Розглянути практичні приклади впровадження технологій піролізу в Україні та світі, а також виявити основні перешкоди та виклики для їхньої адаптації.
- Оцінити перспективи розвитку піролізних технологій у контексті глобальних тенденцій переходу до циркулярної економіки та декарбонізації енергетичного сектора.

Виконання цих завдань дозволить не лише поглибити наукове розуміння технологічних процесів піролізу, а й сприятиме практичному впровадженню інноваційних методів утилізації відходів у промисловість, зменшуючи залежність від викопних енергоресурсів і сприяючи екологічній безпеці країни.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Розглядаються технологічні процеси піролізу, які забезпечують трансформацію деревини у вуглеводневі рідині та гази, зокрема біогаз і біонафту. Піроліз здійснюється за допомогою термічного розкладання біомаси в безкисневому середовищі, що дозволяє отримати різноманітні продукти: тверді залишки (біовугілля), рідкі вуглеводні (біонафту) та синтетичні гази (біогаз). Основними параметрами, які впливають на ефективність процесу, є температура, швидкість нагрівання, тривалість утримання у реакторі та тиск. Оптимізація цих параметрів дозволяє регулювати склад і кількість кінцевих продуктів.

- Аналізуються результати експериментальних досліджень, які показують, що високі температури (350-600°C) призводять до збільшення виходу біонафти, водночас знижуючи вихід деревного газу. Вплив тиску також відіграє важливу роль у якісному формуванні рідких енергетичних продуктів. Крім того, дослідження показують, що введення каталізаторів у процес піролізу дозволяє підвищити вихід рідких фракцій та зменшити кількість побічних продуктів.
- Важливим аспектом є очищення та подальша переробка отриманих продуктів. Біогаз може бути використаний у газових турбінах або двигунах внутрішнього згоряння для виробництва електроенергії, а також як паливо для транспорту або котелень. Біонафта, після відповідного очищення та модифікації, може застосовуватися як замінник традиційних нафтопродуктів у паливній промисловості. Біовугілля, отримане внаслідок

піролізу, може використовуватися як сорбент або паливо, а також як покращувач ґрунту в сільському господарстві.

- Крім технологічних аспектів, розглядається вплив піролізу на зменшення обсягів твердих відходів, що дозволяє скорочувати кількість сміттєзвалищ та негативний вплив на довкілля. Піроліз також є важливим елементом циркулярної економіки, оскільки дозволяє створювати продукцію з високою доданою вартістю з вторинної сировини. Це сприяє не лише вирішенню проблеми утилізації деревних відходів, але й забезпечує альтернативне джерело енергії, що може використовуватися в промисловості та побуті.
- Додатково досліджується можливість використання змішаних відходів, таких як солома, лушпиння соняшника та інші сільськогосподарські залишки, що дає змогу значно розширити сировинну базу для піролізних установок. Впровадження таких підходів дозволяє створювати енергетично незалежні підприємства та громади, що працюють на основі місцевих ресурсів.

ВИСНОВКИ

Піролізні технології є одним із найперспективніших підходів до утилізації деревних відходів, що дозволяє перетворювати їх на екологічно чисті енергетичні продукти, такі як біогаз і біонафта. Використання цих технологій сприяє зменшенню обсягів відходів, зниженню викидів парникових газів та зменшенню навантаження на полігони твердих побутових відходів. Крім того, піроліз є ефективним методом виробництва відновлюваних джерел енергії, що може значно скоротити залежність від викопного пального та сприяти енергетичній незалежності України.

Екологічна ефективність піролізних технологій проявляється у мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Завдяки скороченню викидів CO2 та зменшенню кількості забруднюючих речовин, що утворюються при традиційних методах утилізації, піроліз можна розглядати як важливий елемент стратегії боротьби зі змінами клімату. Крім того, тверді залишки піролізу можуть використовуватися як сировина для виробництва активованого вугілля, що ще більше підвищує економічну доцільність цього процесу.

З економічної точки зору, впровадження піролізних установок створює нові робочі місця, стимулює розвиток регіональної економіки та сприяє зниженню витрат на імпорт енергоресурсів. Малим та середнім підприємствам ця технологія відкриває нові можливості у сфері енергетики, оскільки модульні піролізні системи можуть бути інтегровані навіть у невеликих населених пунктах.

Разом з тим, піролізні технології мають і певні виклики. Основні з них – висока вартість обладнання, необхідність оптимізації процесів для підвищення виходу біонафти та біогазу, а також розробка ефективних методів очищення отриманих продуктів. Для успішного впровадження технологій піролізу в Україні необхідно створення сприятливих умов для інвесторів, державна підтримка проєктів у сфері відновлюваної енергетики та розробка програм стимулювання підприємств до використання екологічно чистих методів утилізації відходів.

Отже, розвиток піролізних технологій у сфері переробки деревних відходів має значний потенціал та може стати важливим кроком до формування сталого енергетичного сектору України. Подальші наукові дослідження, інвестиції у технологічний розвиток та інтеграція цих рішень у загальну стратегію відновлювальної енергетики сприятимуть зниженню екологічного навантаження, підвищенню енергетичної безпеки та створенню нових можливостей для економічного розвитку країни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bridgwater, A. V. (2012). "Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading". Biomass and Bioenergy.
2. Goh, C. S., & Choi, Y. (2020). "Thermal pyrolysis of biomass: A review of the potential and challenges". Energies.
3. Hanh, N. T., & Uemura, Y. (2019). "The influence of operation temperature on characteristics of bio-oil produced from biomass pyrolysis". Renewable Energy.
4. Liu, H., et al. (2017). "Influence of pyrolysis temperature on the bio-oil and bio-char properties from pine wood". Journal of Energy Resources Technology.
5. Zhang, Y. & Yu, Z. (2021). "Pyrolysis of biomass: a review on the influence of operating conditions". Chemical Engineering Research and Design.
6. Ковалев, О. (2022). "Перспективи розвитку відновлювальної енергетики в Україні". Екологічний вісник.

Жук Дмитро Вячеславович– аспірант, кафедра інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет,Вінниця, e-mail: DmitroZhuk333@gmail.com

Науковий керівник: **Коц Іван Васильович** – к.т.н, професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач НДЛ гідродинаміки Вінницького національного технічного університету, ORCID: 0000-0003-0870-6385, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Dmytro Zhuk – Postgraduate studend of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia, National Technical University, e-mail: DmitroZhuk333@gmail.com

Scientific supervisor: **Ivan Kots** – Ph.D., professor of the Department of Engineering Systems in Construction, head of the hydrodynamics research laboratory of the Vinnytsia National Technical University, ORCID: 0000-0003-0870-6385, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com