

ТОРЕФІКАЦІЯ ЯК ДІЄВИЙ АСПЕКТ ПІДГОТОВКИ БІОМАСИ СТРИЖНІВ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ ДО СПАЛЮВАННЯ

На сьогодні в Україні зберігається високий інтерес до розвитку відновлюваної енергетики, зокрема до використання рослинної біомаси як палива. Поширеною сировиною в сільськогосподарських регіонах є відходи кукурудзи, зокрема качани, які мають певний енергетичний потенціал. Проте практика показує, що їхнє безпосереднє спалювання супроводжується низкою технічних труднощів — нестабільне горіння, важке займання, утворення смолистих сполук, що осідають на теплообмінних поверхнях. Ці фактори обмежують широке впровадження такого палива у котельнях малої та середньої потужності.

Серед аграрних відходів, що утворюються в результаті вирощування зернових та технічних культур, особливу нішу займають стрижні качанів кукурудзи, які залишаються після механічного відокремлення зерна. На відміну від соломи чи лушпиння, ці залишки мають щільну структуру, високу зольність і нестабільну поведінку при горінні. Водночас їх обсяги щороку є значними — за оцінками, з кожного гектара посівів кукурудзи утворюється від 1 до 1,5 тонни стрижнів.

Україна, як один з лідерів із вирощування кукурудзи у Європі, виробляє щорічно понад 25–30 млн тон зерна, що потенційно генерує до 5–6 млн тон сухої біомаси качанів (без зерна). У більшості випадків така біомаса залишається на полі, частково спалюється стихійно або неорганізовано використовується як тверде паливо у господарствах. Проте стрижні качанів — складна сировина: вони мають низьку теплотворну здатність у сирому вигляді, високу вологість при збиранні та тенденцію до утворення смол і відкладень при спалюванні.

У зв'язку з цим актуальним є пошук рішень для покращення паливних властивостей качанів кукурудзи. Одним з перспективних напрямів є попередня термічна обробка біомаси, зокрема торефікація — процес нагрівання біомаси у

безкисневому середовищі при помірних температурах (200–300°C), що дозволяє зменшити вологість, підвищити енергетичну щільність та покращити стабільність горіння.

Метою проведених досліджень було встановлення технологічних параметрів торефікації качанів кукурудзи, оцінка її впливу на горючі властивості сировини, а також виявлення супутніх проблем, що виникають під час спалювання обробленої біомаси.

Дослідження розпочались у грудні 2024 р. у навчально-науковій лабораторії «DAK GPS» Подільського державного університету в межах співпраці з КП «Міськтепловоденергія». Було здійснено серію лабораторних випробувань сировини (визначення вологості, торефікація при різних температурних режимах) та спостережень за горінням у змодельованих і реальних котельних умовах.



Рис.1. Сирі (зліва) і торефіковані при різних режимах стрижні кукурудзи

Результати досліджень засвідчили, що сира біомаса має вологість у межах 15–18%, що ускладнює її пряме спалювання. Після природного висушування вміст води знижується до 5%, однак навіть у такому стані качани зберігають слабку займистість і нестабільне горіння. Проведення торефікації у температурному діапазоні 225–255°C дозволило суттєво покращити ці характеристики. Торефікована біомаса займалася швидко, горіння було стабільним, без тривалого тління.

Однак виявлено й деякі побічні ефекти. Зокрема, при температурі близько 240–245°C спостерігалось інтенсивне димоутворення та виділення темної скловидної смолистої речовини. У виробничих умовах, попри хорошу поведінку пального в топці, були зафіксовані ознаки утворення залишкових продуктів

згоряння у вигляді рудиментів у полум'ї. Це може свідчити про часткове збереження проблеми виділення летких смол, які потенційно забруднюють теплообмінні поверхні.



А

Б

Рис. 2. Спалювання зразків стрижнів кукурудзи в потоці повітря (а) і в полевій пічці (б)

Загалом, результати підтверджують доцільність попередньої термічної обробки качанів кукурудзи з метою поліпшення їхніх паливних характеристик. Торефікація дозволяє забезпечити ефективніше й чистіше горіння, знижує ризик незапалення чи нестабільного процесу. Разом з тим, відкритим залишається питання поведінки з вторинними продуктами термічного розкладу, зокрема смолистими речовинами, які утворюються у певному температурному діапазоні. Подальші дослідження будуть спрямовані на хімічну ідентифікацію цих сполук та пошук способів їх усунення або нейтралізації в процесі підготовки біопалива.

Отримані висновки можуть бути корисними для проєктантів та операторів котелень, які розглядають можливість використання агровідходів як джерела енергії. Практичне впровадження подібних рішень дозволить зменшити залежність від викопного палива, сприятиме розвитку локальної енергетики та раціональному використанню аграрних залишків.

Список використаних джерел

1. Кучер О., Єрмаков.С. Формування ринку біопалива в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування: теоретичні і практичні аспекти: матеріали VII Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції науковців та здобувачів вищої освіти. Кам'янець-Подільський. 2022. с.205-208

2. Гуцол Т., Єрмаков С., Rozkosz A. Торефікація як спосіб покращення споживацьких характеристик біомаси. Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції. 2019.С.21–23.
3. Єрмаков, С. В., Кучер, О. В., & Пустова, З. В. Покращення енергетичних властивостей біомаси шляхом торефікації (на прикладі *miscanthus x giganteus*). Тенденції та виклики сучасної аграрної науки в умовах війни: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України, 2023. С.118.
4. Єрмаков С. Особливості спалювання торефікованої біомаси. Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки: матеріали 2- го Міжнародного круглого столу. Кам’янець-Подільський, ЗВО «ПДУ», 2023. С.37-39
5. Єрмаков С.В. Кучер О.В., Пустова З.В. Огляд найкращих доступних технологій спалювання твердих палив. ХІХ-й Міжнародний форум молоді "Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті". Збірка матеріалів форуму. Харків: ДБТУ. 2023. С.165
6. Єрмаков С. В. Прийоми зменшення викидів у технологіях спалювання вугілля. Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: наукові пошуки молоді. Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2023. С. 13
7. Kucher O. V., Yermakov S. V. Methodology of marketing research of bioeconomic processes. Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics Economic sciences Issue 1 (38) 2023 P.132-139 <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.19>