

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»



ЕКОЛОГІЯ. ДОВКІЛЛЯ.  
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ - 2025  
Колективна монографія

ПОЛТАВА 2025

## **ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОСОРТНИХ ВИДІВ ПАЛИВА ЯК ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕСУРСУ**

**Голік Ю. С.**, кандидат технічних наук, доцент, **Кутний Б.А.**, доктор  
технічних наук, професор, **Серга Т. М.**, аспірантка

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», Україна*

## **USE OF LOW-GRADE FUELS AS AN ENERGY RESOURCE**

**Holik Y.**, Candidate of Technical Sciences, associate professor,  
**Kutnyi B.**, Doctor of Technical Sciences, professor,  
**Serha T.M.**, postgraduate student

*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,  
Ukraine*

**Анотація.** Розвиток енергетичного потенціалу рослинництва та побутових відходів для використання в автономних низькоенергетичних системах замість традиційних видів палива є ключовим питанням. Зокрема, це стосується котелень лікарень, шкіл, дитсадків, індивідуальних адміністративних будівель, приватних житлових і сімейних будинків. Спалювання викопного палива має значний негативний вплив на всі компоненти навколишнього середовища. Щоб вирішити проблеми забруднення повітря, парникового ефекту, глобального потепління та зміни клімату, багато країн зосередили свої зусилля на використанні енергії з невідновлюваних джерел енергії. Однак постає питання про застосування джерел енергії, які є найменш шкідливими для навколишнього середовища. Низькосортні види палива для виробництва енергії є потенційним варіантом із позитивними довгостроковими результатами в майбутньому.

**Ключові слова:** національна безпека, низькосортні види палива, енергетичний ресурс, теплотехнічні показники, відновлювальні джерела енергії.

**Abstract.** Developing the energy potential of crop production and household waste for use in autonomous low-energy systems instead of traditional fuels is a key issue. In particular, this applies to boiler rooms of hospitals, schools, kindergartens, individual administrative buildings, private residential and family houses. The combustion of fossil fuels has a significant negative impact on all components of the environment. To address the problems of air pollution, greenhouse effect, global warming and climate change, many countries have focused their efforts on using energy from non-renewable energy sources. However, the question arises of using

energy sources that are the least harmful to the environment. Low-grade fuels for energy production are a potential option with positive long-term results in the future. **Keywords:** national security, low-grade fuels, energy resource, thermal performance, renewable energy sources.

Воєнні реалії сьогодення відкрили велику кількість проблем, пов'язаних із забезпеченням національної безпеки нашої держави. Особливо це стосується енергетичної безпеки, яка є основною потребою нашого суспільства разом із продовольчою безпекою та безпекою життя. До повномасштабного вторгнення Україна обрала шлях сталого розвитку, і навіть зараз, коли на перший план вийшли інші завдання – збереження та захист життя громадян, забезпечення потреб людей, влада в Україні дотримується стратегії збалансованого розвитку з урахуванням реалій. Уразливість газових та електромереж, залежність функціонування великих промислових підприємств і підприємств житлово-комунального господарства від наявності та забезпечення природними енергоносіями та паливом – це ті недоліки вітчизняної енергосистеми, які яскраво проявилися під час повномасштабної війни. Це виклики, що потребують раціональних рішень [1].

Незалежність від зовнішніх факторів процесу тепlopостачання та систем енергозабезпечення приватних домоволодінь, підприємств громадського харчування і торгівлі, адміністративних і громадських установ, а також лікувально-профілактичних і навчальних закладів передбачає використання автономних джерел енергії, що надає можливість вибрати найбільш зручний і економічно раціональний спосіб забезпечення теплом і енергією кожного споживача.

Уплив та наслідки військових дій вимагають пошуку альтернативних варіантів тепло- та енергопостачання, нових видів палива, розроблення більш ефективних та автономних, а ще краще – незалежних систем житлово-комунальної сфери [1]. Поряд із цим залишаються задачі окреслені концепцією збалансованого розвитку: зниження викидів парникових газів, зменшення використання викопних невідновлюваних видів палива, зниження маси утворення побутових відходів та площ, зайнятих полігонами та звалищами під їх захоронення, шляхом використання ресурсоцінних компонентів відходів.

Поряд із зазначеними вище проблемами, значущими для України залишаються негативні наслідки зміни клімату: підвищення ризиків для здоров'я людини майже з усіма виявами метеорологічних явищ; значне зниження врожайності основних сільськогосподарських культур; загострюються проблеми з водопостачанням; посилення деградації земель і опустелювання; зниження продуктивності, життєздатності та

стійкості лісу; прискорена деградація екосистем, небезпека та нестабільна робота електромереж і систем центрального опалення.

Проблема відновлення та розвитку зруйнованої й дезактивованої економіки та інфраструктури України виникла в умовах гострого дефіциту енергоресурсів та зневажливого ставлення до охорони навколишнього середовища. У цих умовах пріоритетом поставлених питань є широке впровадження енергозберігаючих матеріалів, обладнання та технологій, прийомів, які дозволять скоротити використання традиційних видів палива.

Серед різних джерел енергії, які сьогодні використовують, органічному паливу відводиться головна роль (більше 94% у масштабах всього світу). За останнє десятиліття у зв'язку з неухильним зростанням цін на якісне паливо помітно зростає інтерес до котельних установок, що забезпечують ефективне спалювання дешевих видів палива. Існує багато різних видів низькосортних енергетичних палив. До низькосортних видів палива відносять високозольне або високовологе вугілля, солоне вугілля, горючі сланці, торф, горючу частину міських відходів, відходи виробництв (деревообробної, целюлознопаперової промисловості), сільськогосподарські відходи (солома, лущиння, стебла соняшника тощо), шлами й проміжні продукти збагачення кам'яного вугілля, призначені для технологічного споживання. Загальною ознакою низькосортних енергетичних палив є низька теплота згорання, яка переважно не перевищує  $Q_{p_n} = 10 \dots 20$  МДж/кг [2]. Така низька теплота згорання палив цієї категорії зумовлена, насамперед, високим вмістом у них баласту: золи й вологи. Якщо у великій енергетиці розроблено досить багато ефективних методів спалювання низькосортних палив у промислових котлах (низькотемпературний та високотемпературний киплячий шар, низькотемпературна вихорова технологія, газогенерація з подальшим спалюванням штучного газу), то під час спалювання таких видів палива в котлах малої потужності виникає низка технічних та екологічних проблем.

На базі Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» кафедрою теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики (далі – кафедра ТГВ та Т) створена лабораторія щодо визначення теплотворної здатності альтернативних видів твердого палива з дослідженням якісного складу викидів та мінімізації впливу на довкілля. Відкриття цієї лабораторії занесено до «Стратегії регіонального розвитку Полтавської області на 2021-2027 роки», а саме в завдання 3.3.5 «Оптимізація систем централізованого теплопостачання шляхом реконструкції джерел генерації теплової

енергії з впровадженням новітнього технологічного обладнання та альтернативних видів палива», що передбачає створення лабораторії визначення теплотворної здатності різних видів палива (особливо альтернативних та відновлюваних), технічне завдання 3.24 [3, 4].

Для вирішення в цих складних умовах поставлених завдань була створена робоча група з викладачів кафедр, аспірантів та магістрів [5]. У 2022 році викладачами кафедри ТГВ та Т були запроєктовані нові стенди з сучасним обладнанням, яке дозволяє враховувати не тільки особливості теплотехнічних показників, а й можливість оцінювати екологічні складові процесів спалювання. Викладачі кафедри розробили креслення нових лабораторних стендів, склали специфікацію потрібного обладнання й контрольно-вимірювальних приладів й розіслали спонсорам. Аспірантами кафедри були підготовлені пропозиції до закордонних виробників із проханням розглянути питання щодо надання спонсорської допомоги у вигляді сучасного лабораторного обладнання та приладів для визначення теплотворної здатності палива (калориметрів), аналітичних ваг, газоаналізаторів, приладів вимірювання температури, вологості, зольності та інше.

Таким чином, у 2022-2023 роках на кафедрі було створено сучасні лабораторні стенди: комплексний лабораторний стенд дослідження теплотехнічного обладнання (котел твердопаливний, котел газовий, теплообмінник, насосне обладнання, гідравлічна стрілка), обладнаний приладами для вимірювання необхідних параметрів (модель теплового пункту сучасного котеджу) (рис. 1); лабораторний стенд для спалювання різних альтернативних видів палива з можливістю визначення екологічних показників продуктів спалювання газоаналізатором типу TESTO-350 та визначення теплотворної здатності палива (рис. 2) [5].

В основу дисертаційних робіт аспірантів випускової кафедри прикладної екології та природокористування покладені дослідження теплоенергетичної та екологічної оцінки конкретних видів палива. Заплановано забезпечення зменшення використання традиційних видів палива на 20% завдяки впровадженню альтернативних та відновлюваних видів палива.

Фахівцями кафедри ТГВ та Т й кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» проводяться дослідження щодо вивчення теплотворної здатності палив із побутових відходів, енергетичних культур з можливістю визначення кількісного та якісного складу забруднювальних речовин у димових газах, що утворюються в

теплоенергетичному обладнанні під час їхнього спалювання в умовах мінімального забруднення атмосферного повітря.



**Рисунок 1 – Лабораторна установка для дослідження роботи котла на твердому паливі**



**Рисунок 2 – Фрагмент лабораторного стенду «Лабораторії теплотворної здатності відновлюваного палива»**

Для дослідження теплотворної здатності палив важливим етапом є подрібнення дослідних зразків, наприклад, побутових відходів. Для цього використали кавомолку, яка дозволила перетворити зразки на дрібнодисперсну масу (рис. 3а). Цей етап був необхідним для забезпечення однорідності матеріалу та підвищення точності наступних вимірювань калорійності. Подрібнена маса відходів була далі використана для формування паливних таблеток (рис. 3б). Процес пресування дозволив створити стандартизовані зразки (рис. 3в, 3г), які могли бути ефективно використані в калориметричних дослідженнях. Вага кожної таблетки дорівнювала  $1 \text{ г} \pm 0,05 \text{ г}$  (рис. 4а, 4б).



**Рисунок 3 – Підготовка досліджуваних зразків для вимірювань калорійності**



а) таблетка з пластику      б) таблетка з деревної стружки  
Рисунок 4 – Зважування досліджуваних зразків

Теплоту згоряння визначають експериментальним методом із застосуванням калориметру. Сутність експериментального методу визначення теплоти згоряння палива полягає в спалюванні проби досліджуваного палива (наприклад, побутових відходів) в середовищі кисню в герметично закритій калориметричній бомбі, зануреній у воду (рис. 5, 6).

Також теплотворну здатність відходів традиційно розраховують за емпіричною формулою (для твердих видів палива):

$$Q_p^H = 4,18 \cdot (81C_p + 3000H_p - 26(O_p - S_p) - 6(9H_p + W_p)),$$

де  $Q_p^H$  – нижча теплота згоряння побутових відходів на робочу масу, кДЖ/кг;

$C_p$  – загальний вміст вуглецю, %;

$H_p$  – загальний вміст водню, %;

$O_p$  – загальний вміст кисню, %;

$S_p$  – загальний вміст сірки, %;

$W_p$  – загальна вологість, %.

Особлива увага надавалася такому важливому параметру при спалюванні побутових відходів, як викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, в тому числі хімічні сполуки й тверді частинки.

Вирішення цього аспекту є ключовим для забезпечення ефективності та екологічної безпеки процесу видалення відходів.



**Рисунок 5 – Калориметр**



**Рисунок 6 – Зняття показів температури по термометру Бекмана для калібрування калориметру**

Із цією метою використано газоаналізатор TESTO 350-S. Газоаналізатор TESTO 350-S був використаний для вимірювання загального рівня шкідливих газів, викинутих у атмосферу під час спалювання. У результаті дослідження виявлено високі концентрації CO (рис. 6).



Рисунок 6 – Показники газоаналізатора TESTO 350-S при спалюванні гофрокартону

Запровадження в Полтавській області розширеного виробництва відновлюваного палива з відходів та створення системи його енергетичної утилізації, під якою розуміється спалювання такого палива з метою вироблення електричної й теплової енергій, сприятиме вирішенню проблеми невпинного «засмічення» території країни, спонукатиме до оснащення високо-ефективними установками з очищення викидів димових газів об'єктів теплоенергетичної галузі.

#### Використані інформаційні джерела:

1. Голік Ю. С., Ілляш О. Е., Монастирський О. М., Чепурко Ю. В., Серга Т.М. Оцінка енергоресурсного потенціалу територіальних громад Полтавської області як складової енергетичної безпеки. *Proceedings of III International Scientific and Practical Conference Toronto «SCIENTIFIC RESEARCH IN THE MODERN WORLD»*. С. 205–215.

2. Мисак Й. С., Гнатишин Я. М., Івасик Я. Ф. Паливні пристрої для спалювання низькосортних палив : навч.посіб. Л. : Львівська політехніка, 2002. 135 с.

3. Голік Ю. С., Шарий Г. І., Крот О. П., Чепурко Ю. В., Серга Т. М. Дослідження використання альтернативних видів палива на Полтавщині. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук*. 2023. Випуск 66. С. 64–69.

4. Стратегія розвитку Полтавської області до 2027 року. URL: <https://www.adm-pl.gov.ua/page/strategiyarozvitku-poltavskoyi-oblastido-2027-roku>

5. Голік Ю. С., Кутний Б. А., Гузик Д. В., Чернецька І. В., Чепурко Ю. В., Серга Т. М., Манейло Є. М., Михайлюк С. М., Грікіс С. А. Нові лабораторні стенди кафедр теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики й прикладної екології та природокористування. *Екологія. Довкілля. Енергозбереження* : Збірник матеріалів IV Міжн. наук.-практ. конф., Полтава, 7-8 грудня 2023 р. НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кндратюка», 2023. С. 218–222.