

ДОСЛІДЖЕННЯ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ З ВІДХОДІВ ХВОЙНОЇ ДЕРЕВИНИ

О. М. Дудник¹ к.т.н., провідний науковий співробітник,
І. С. Соколовська^{1,2} к.т.н., старший науковий співробітник

*¹Інститут теплоенергетичних технологій Національної академії наук України,
вул. Андріївська, 19, м. Київ, 04070, Україна,
тел. +38(044)425-04-19, e-mail: aldudnyk2018@gmail.com*

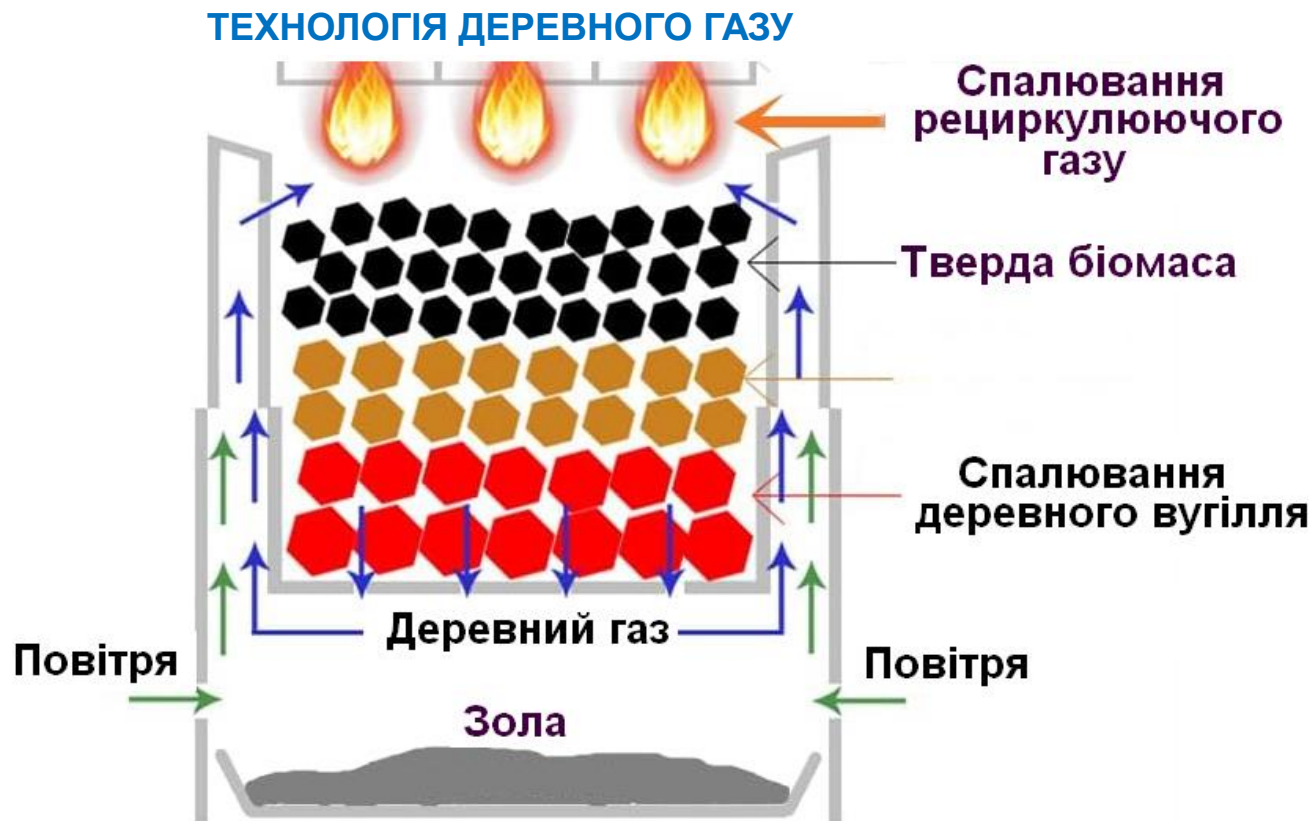
*²Інститут загальної енергетики Національної академії наук України,
вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150, Україна, e-mail: is2002@ukr.net*



**XXVII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
“ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ
У ХХІ СТОЛІТТІ”
20-22 травня 2026 р.**

МАЛІ АВТОНОМНІ ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ (МАТП) можна використовувати як для забезпечення локального автономного опалення, так і в польовій медицині (для приготування гарячих ліків, стерилізації, виготовлення сорбуючих речовин та антисептиків), для приготування їжі, забезпечення потреб гігієни, для вироблення електроенергії тощо. Ефективність та вартість роботи МАТП залежить від вартості енергоносія, який використовується в цих пристроях, та вибору конструкції обладнання. В разі використання твердих органічних відходів (ТОВ) реалізується принцип перетворення енергії відходів в теплову чи електричну енергію (Waste to Power). ТОВ безкоштовні чи за вивезення та утилізацію яких сплачують самі виробники відходів.

Найкращі показники щодо спалювання твердої біомаси в портативних печах є у технології деревного газу з використанням процесів піролізу, газифікації та спалювання твердої біомаси [1]. Перший варіант такої технології було запропоновано співробітником Інституту сонячної енергії США Томасом Ридом у 1985 році та інш. [2]. В результаті багаторічних досліджень у різних країнах світу цю технологію було значно покращено. Подальші дослідження продовжуються [3].



1 Performance Partnership for Clean Indoor Air. Aprovecho Research Center. Shell Foundation. United States Environmental Protection Agency. 128 p. 2011. URL: <https://pciaonline.org/files/Test-Results-Cookstove-Performance.pdf>

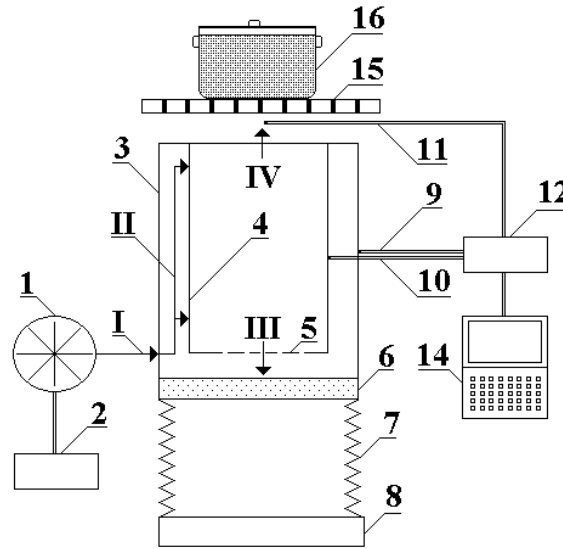
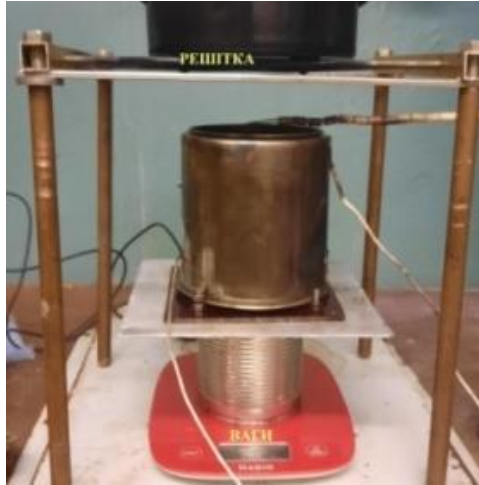
2. Anderson P. S., Schoner J. S. Origins, History, and Future of TLUD Micro-gasification and Cook stove Advancement. 2016. 39 p.

3. Anderson P. S. New document: Origins, History and Future of TLUD Micro-gasification.

<https://biochar.groups.io/g/main/message/18673>

УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ СПАЛЮВАННЯ ВІДХОДІВ ТВЕРДОЇ БІОМАСИ І ТЕТ НАНУ

Компактна установка призначена для досліджень кінетики процесів конверсії твердих органічних відходів (ТОВ), а також може використовуватися для швидкого приготування їжі в польових умовах та інших потреб.



1 – вентилятор, 2 – джерело струму вентилятора, 3, 4 – зовнішня та внутрішня стінки камери згоряння, 5 – решітка видалення золи, 6 – ізоляційні пластини, 7 – охолоджувач, 8 – ваги, 9, 10, 11 – термодари, 12 – інтерфейс, 14 – ноутбук, 15 – решітка для ємності, 16 – ємність; I, II – холодне та гаряче повітря, III – зола, IV – продукти згоряння

СКЛАД ПЕЛЕТ З ВІДХОДІВ ХВОЙНОЇ ДЕРЕВИНИ

(діаметр пелет 8 мм, довжина пелет 8-25 мм, насипна щільність пелет 0,59 г/см³, нижча теплота згоряння пелет 16,4 МДж/кг):



Результати технічного аналізу

Вологість	Зола	Леткі	C _{фікс}
мас. %			
8,2	0,6	76,7	14,5

Елементний склад

C	H	O	N	Волога	Зола
мас. %					
46,3	4,9	38,5	1,4	8,2	0,6

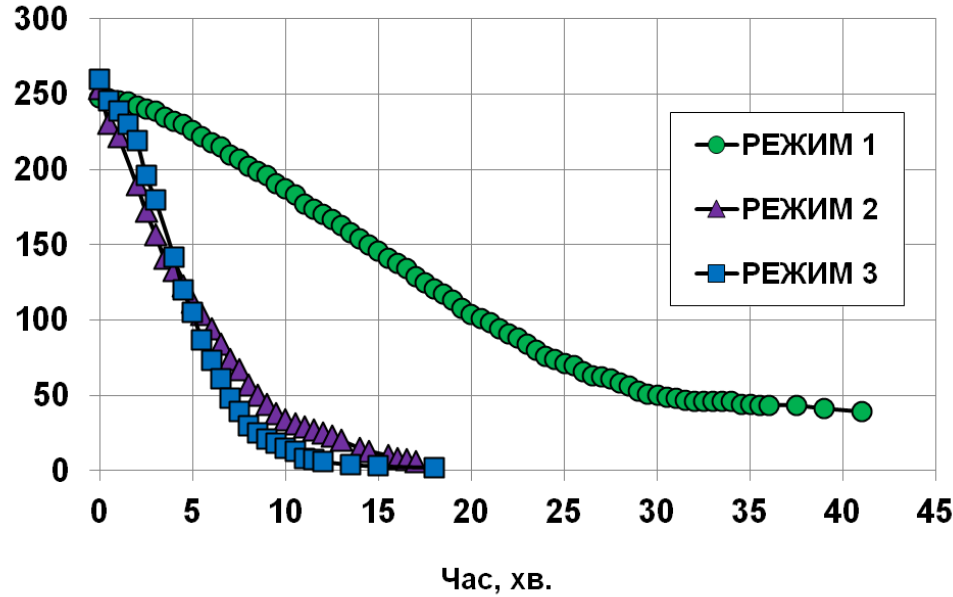
Досліджено три режими спалювання пелет:

Режим 1 – без використання повітряного вентилятора.

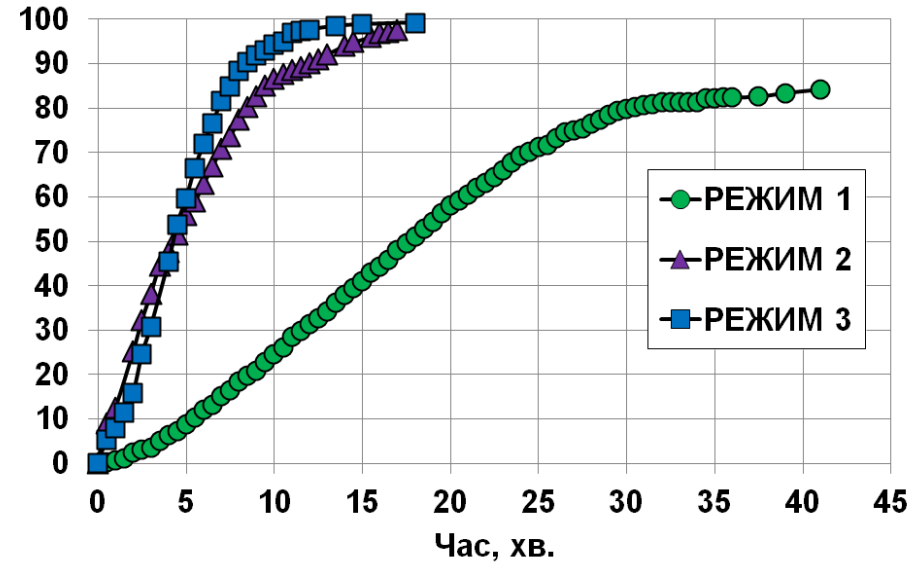
Режими 2 та 3 – з використанням повітряного вентилятора за електричної потужності двигуна повітряного вентилятора 0,43 та 1,95 Вт відповідно.

РЕЗУЛЬТАТИ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ З ВІДХОДІВ ХВОЙНОЇ ДЕРЕВИНИ

ВАГА ЗРАЗКА, г



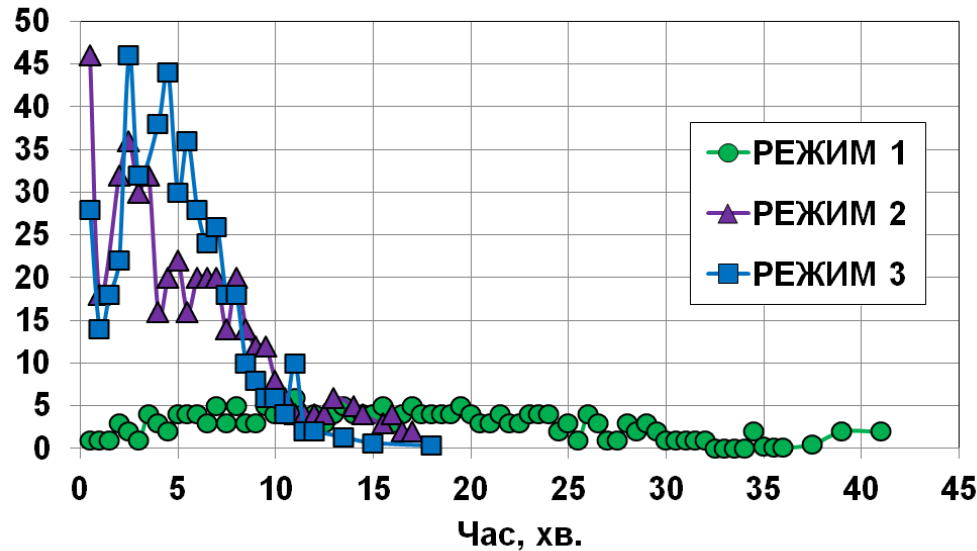
СТУПІНЬ КОНВЕРСІЇ ПЕЛЕТ, %



КОКСОЗОЛЬНИЙ ЗАЛИШОК ПІСЛЯ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ В РЕЖИМАХ 1, 2 ТА 3

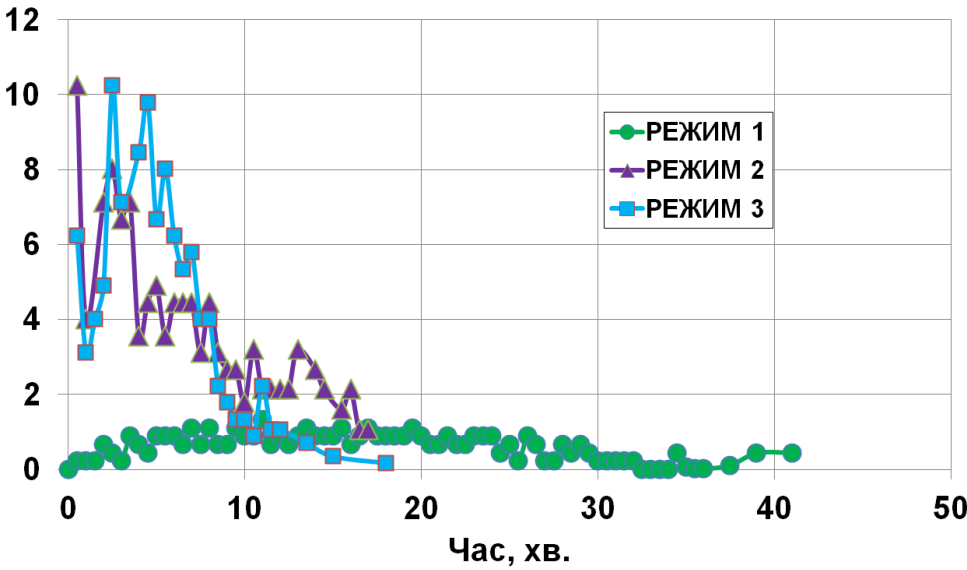
Режим	Завантажено пелет, г	Вивантажено КЗЗ, г
1	248	39
2	248	6
3	260	2

ШВИДКІСТЬ ГОРІННЯ ПЕЛЕТ, Г/ХВ

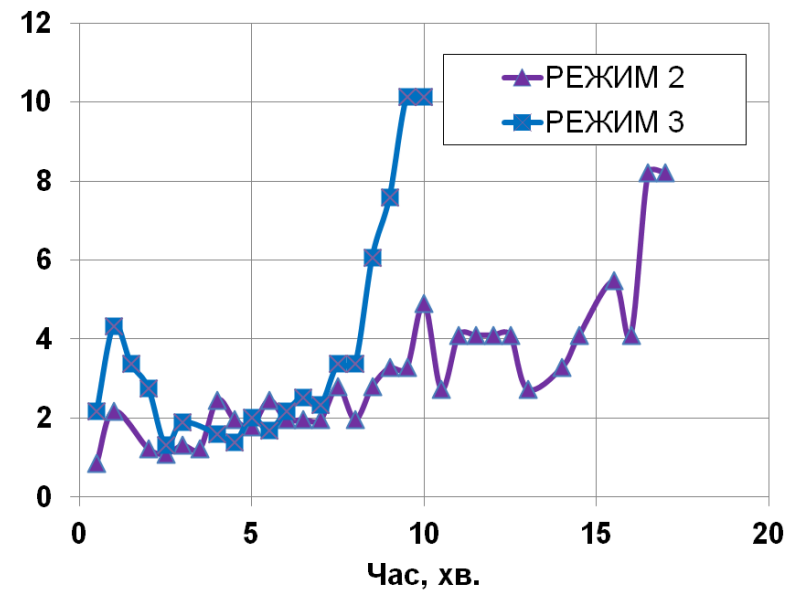


РЕЗУЛЬТАТИ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ З ВІДХОДІВ ХВОЙНОЇ ДЕРЕВИНИ

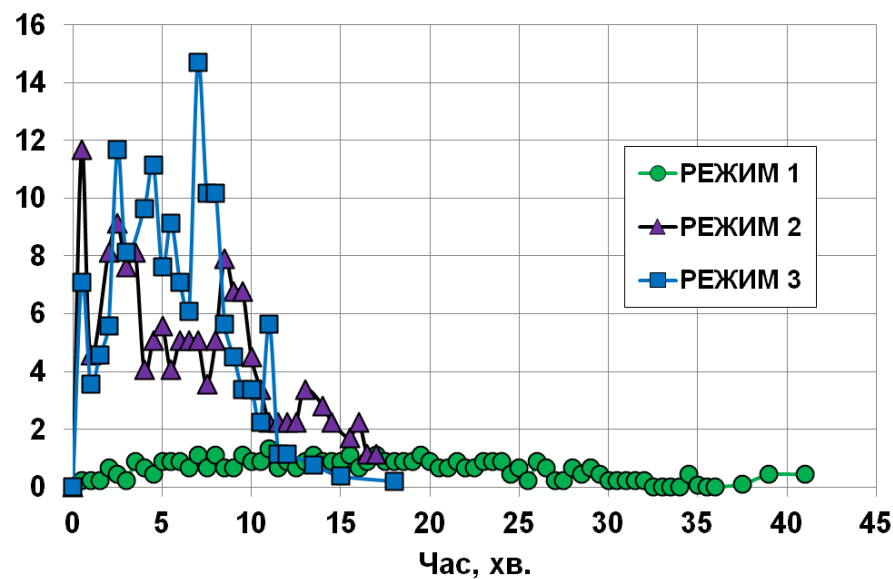
СТЕХІОМЕТРИЧНА ВИТРАТА ПОВІТРЯ, НМ³/ГОД



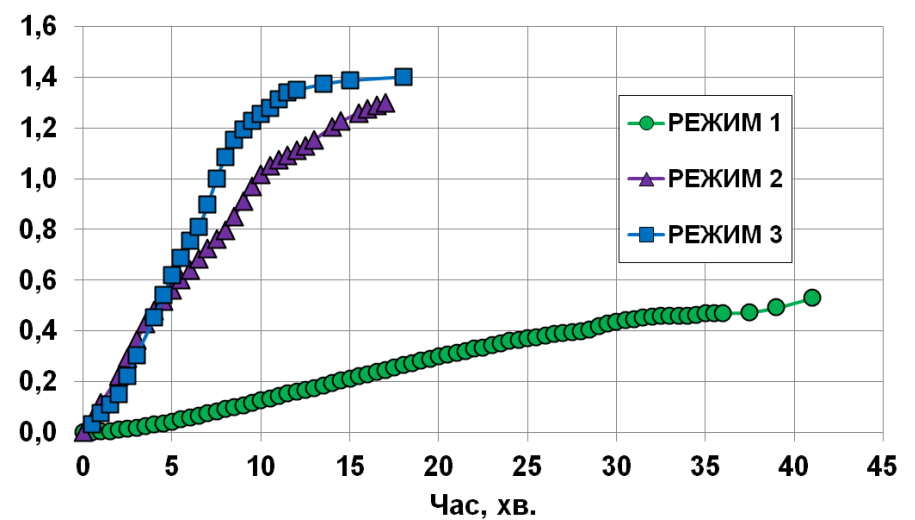
КОЕФІЦІЄНТ НАДЛИШКУ ПОВІТРЯ



ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, КВТ

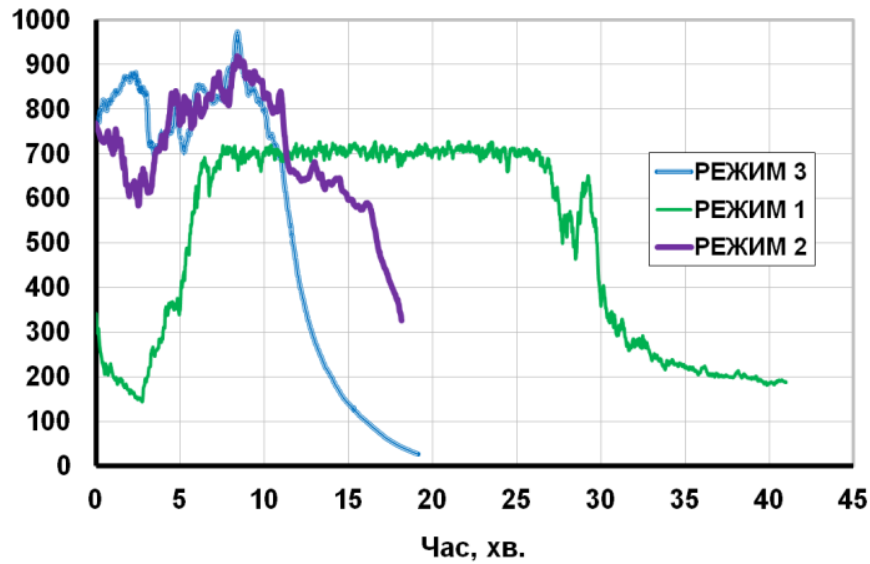


ОДЕРЖАНА ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, КВТ·ГОД

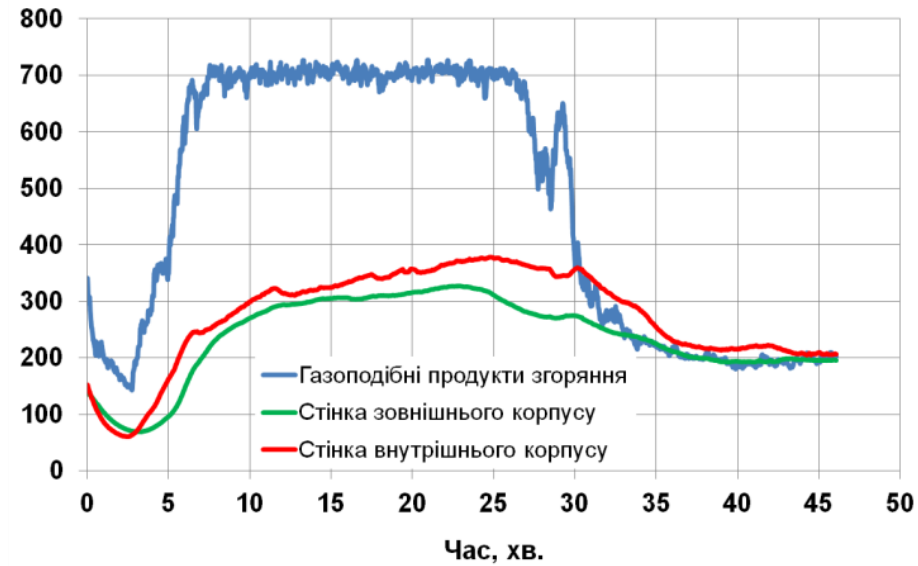


РЕЗУЛЬТАТИ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ З ВІДХОДІВ ХВОЙНОЇ ДЕРЕВИНИ

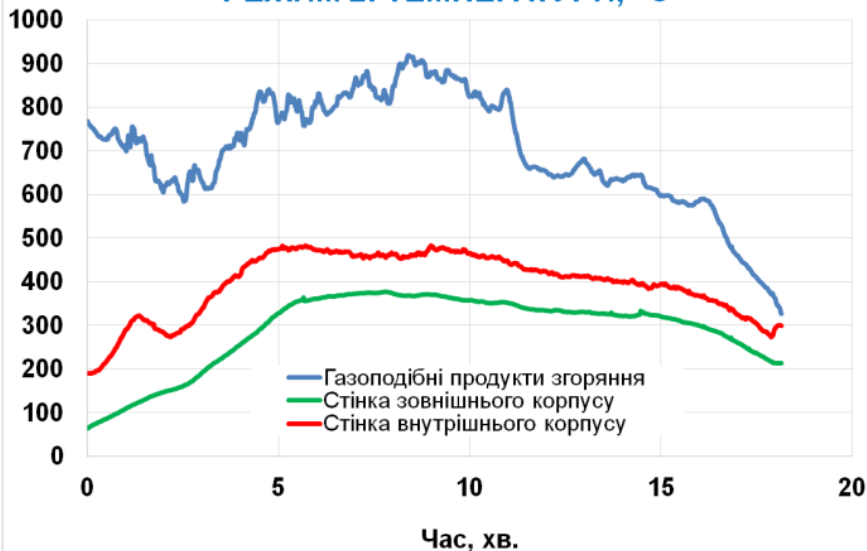
ТЕМПЕРАТУРА ГАЗОПОДІБНИХ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ, °C



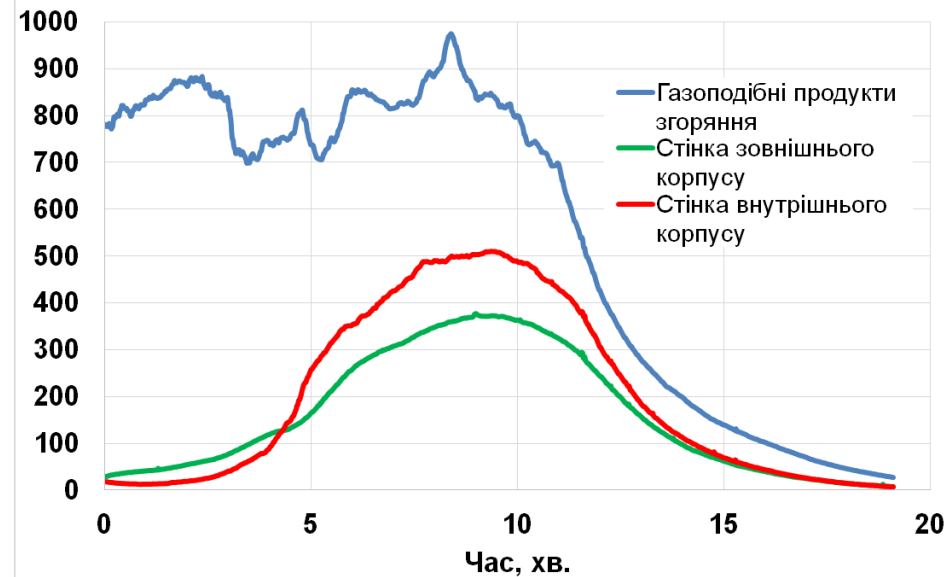
РЕЖИМ 1: ТЕМПЕРАТУРИ, °C



РЕЖИМ 2: ТЕМПЕРАТУРИ, °C



РЕЖИМ 3: ТЕМПЕРАТУРИ, °C

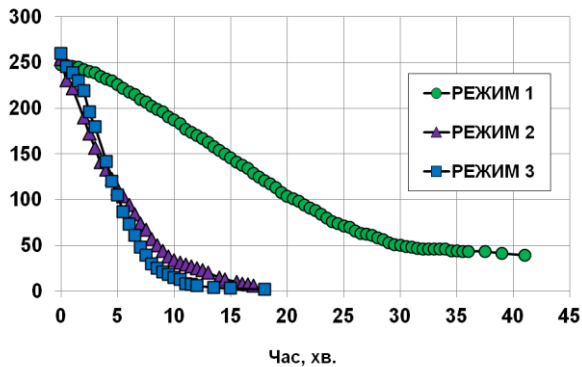


ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ З ВІДХОДІВ ХВОЙНОЇ ДЕРЕВИНИ, ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ ТА ШКАРЛУПИ ВОЛОСЬКОГО ГОРІХУ

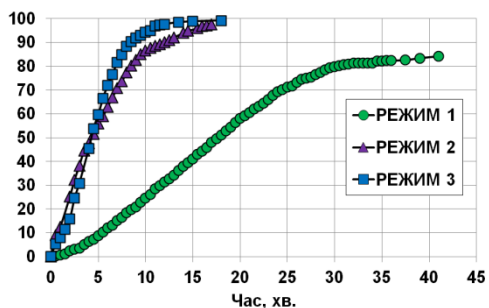
ПЕЛЕТИ З ВІДХОДІВ ХВОЙНОЇ ДЕРЕВИНИ

$\rho_{\text{насіпна}} = 0,59 \text{ г/см}^3$

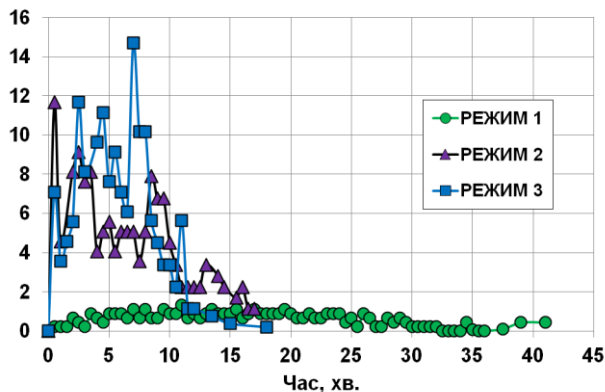
ВАГА ЗРАЗКА, г



СТУПІНЬ КОНВЕРСІЇ ПЕЛЕТ, %



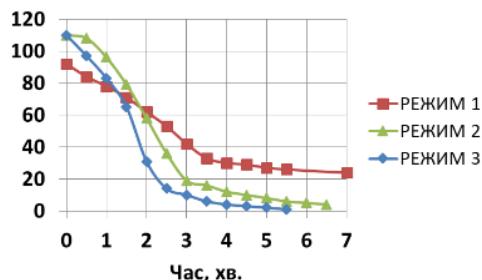
ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, кВт



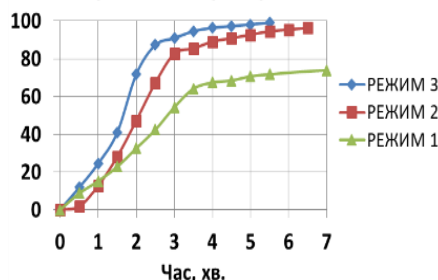
ШКАРЛУПА ВОЛОСЬКОГО ГОРІХУ

$\rho_{\text{насіпна}} = 0,30 \text{ г/см}^3$

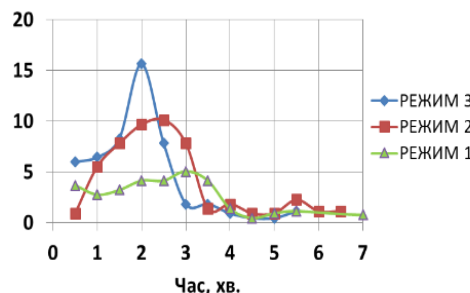
Вага зразка, г



Ступінь конверсії зразка, %



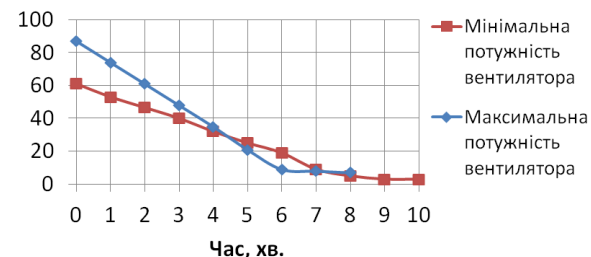
Теплова потужність, кВт



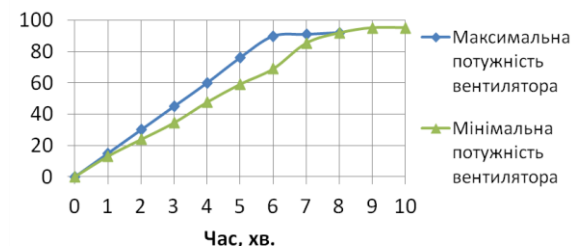
ГІЛКИ ДІАМЕТРОМ 5-10 мм ТА ДОВЖИНОЮ 40-50 мм

$\rho_{\text{насіпна}} = 0,32 \text{ кг/м}^3$

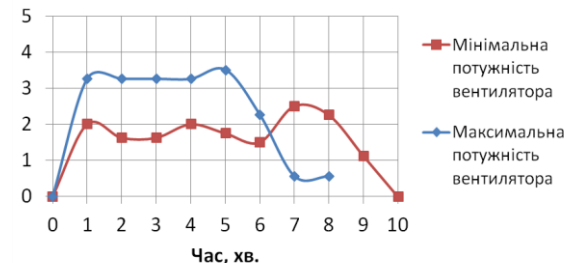
Змінення ваги, г



Ступінь конверсії, %



Теплова потужність, кВт



В И С Н О В К И

1. У світі розробляються нові малі теплотехнічні пристрої для спалювання твердої біомаси з метою збільшення енергетичної ефективності, екологічної чистоти та зменшення ваги та розмірів
2. Ці малі теплотехнічні пристрої класифікуються за технологіями спалювання твердої біомаси, матеріалами виготовлення цих пристроїв, видами твердої біомаси для спалювання, видами спалювання, способами подачі повітря, функціональності та дизайну
3. Технології деревного газу з використанням процесів піролізу, газифікації та спалювання твердої біомаси мають найкращі показники щодо спалювання твердої біомаси в портативних пересувних печах
4. В Інституті теплоенергетичних технологій НАН України створено експериментальну установку для досліджень процесів стадійного спалювання твердої біомаси
5. Проведено дослідження процесів спалювання пелет з відходів хвойної деревини в режимах без використання та з використанням повітряного вентилятора
6. З підвищенням витрати повітря зменшувався час спалювання пелет з відходів хвойної деревини
7. В режимах роботи 1, 2 та 3 досягнута ступінь конверсії пелет 84,3 % за 41 хв., 97,6 % за 17 хв., 99,2 % за 17 хв. відповідно. В режимі 1 спостерігалось повільне горіння (тління) пелет – 5,1 г/хв. (209 г пелет було спалено за 41 хв.), а в режимах 2 та 3 швидке горіння пелет – 14,2 г/хв. (242 г за 17 хв.) та 14,3 г/хв. (258 г за 18 хв.) відповідно

В И С Н О В К И

8. Середня теплова потужність установки без використання вентилятора (режим 1) становила 0,77 кВт, з використанням вентилятора в режимах роботи 2 та 3 становила 4,6 та 4,7 кВт відповідно
9. В режимах 1, 2 та 3 всього отримано 0,53 кВт·год (1,91 МДж), 1,3 кВт·год (4,68 МДж) та 1,37 кВт·год (4,93 МДж) теплової енергії відповідно
10. В режимі 3 частка теплової енергії з гарячими відхідними газоподібними продуктами згоряння становила 0,97 кВт·год (3,49 МДж) - 70,8 % від всієї одержаної теплової енергії. Втрати тепла через зовнішні стінки камери згоряння та з золою становили 0,4 кВт·год (1,44 МДж) – 29,2 % від всієї одержаної теплової енергії
11. В режимах 1, 2 та 3 максимальна температура газоподібних продуктів згоряння становила 728 °С (за температур стінок внутрішнього та зовнішнього корпусів камери згоряння 378 °С та 327 °С), 919 °С (за температур стінок внутрішнього та зовнішнього корпусів камери згоряння 483 °С та 378 °С) та 974 °С (за температур стінок внутрішнього та зовнішнього корпусів камери згоряння 510 °С та 376 °С) відповідно
12. У порівнянні з використанням для спалювання відходів деревини (61-86 г) з насипною щільністю 0,32 г/см³ та шкарлупи волоського горіху (95-110 г) з насипною щільністю 0,3 г/см³ завдяки використанню пелет з насипною щільністю 0,59 кг/м³ збільшено час роботи установки на одному завантаженні пелет (248-260 г) як в режимах повільного, так і швидкого горіння

Дякую за увагу

Thank you for your
attention