



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



QUALIFICATION WORK
Master's degree

**"APPLICATION OF MIXTURES OF PYROLYSIS SLAG AND
PELLETS AS AN ALTERNATIVE FUEL"**

The recipient of the 2nd level of education DE-61-22

Sc. Advisor, Cand. of Chem. Sc., Assoc. Prof.

O. Grankina

O. Pozdniakova



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістра

«ЗАСТОСУВАННЯ СУМІШЕЙ ПІРОЛІЗНОГО ШЛАКУ ТА ПЕЛЕТ У ЯКОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА»

Здобувача

2 рівня освіти гр. ДЕ-61-22

Керівник, канд. хім. наук, доцент

О. Гранкіна

О. Позднякова

Мета роботи – визначення оптимального співвідношення піролізного шлаку, вугілля та пелет у паливних сумішах, яке дозволяє використовувати такі суміші у стаціонарних енергетичних установках без додаткового газоочисного обладнання.

Задачі дослідження:

- проаналізувати сучасний досвід сумісного спалювання пелет та вугілля на стаціонарних енергетичних пристроях та визначити можливість його застосування в сучасних економічних умовах України;

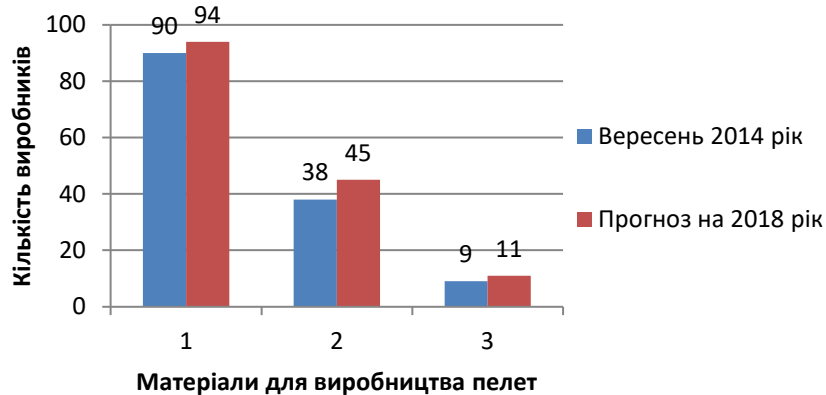
- експериментально визначити фізико - хімічні характеристики піролізного шлаку, які впливають на якість його горіння та оцінити значення нижчої теплоти згоряння пелет та піролізного шлаку;

- визначити оптимальний склад сумішей вугілля, піролізного шлаку та пелет, які можливо застосовувати у стаціонарних енергетичних установках у якості альтернативного палива;

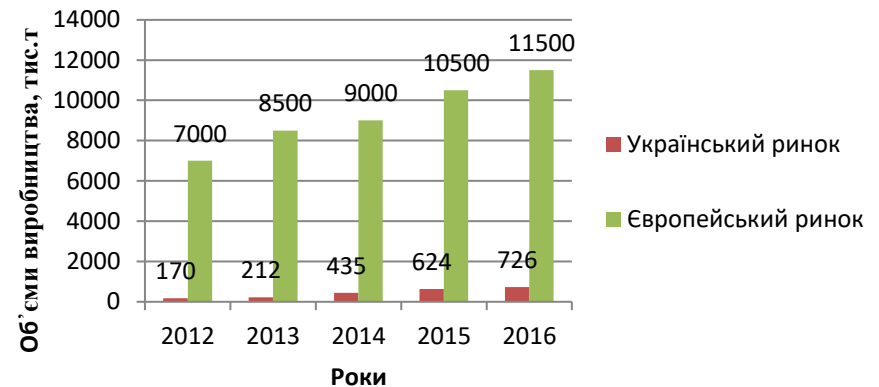
- проаналізувати умови забезпечення безпеки праці при використанні запропонованих паливних сумішей на стаціонарних енергетичних пристроях.

ВИРОБНИЦТВО ПЕЛЕТ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПІ

Індустрія виробництва пелет в Україні



Об'єми українського і європейського ринків пелет

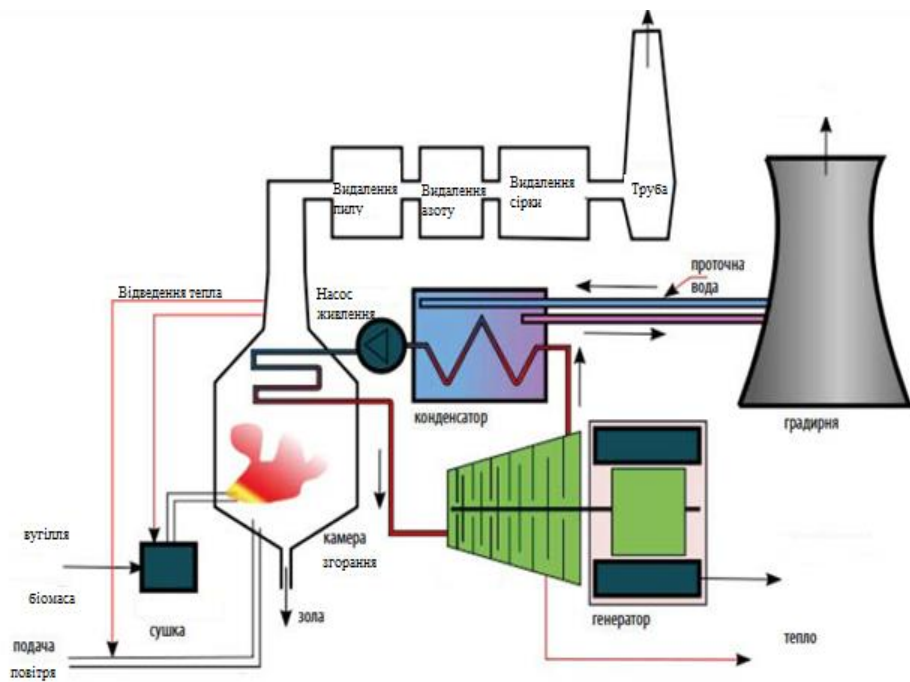


1 – виробництво пелет із деревини;

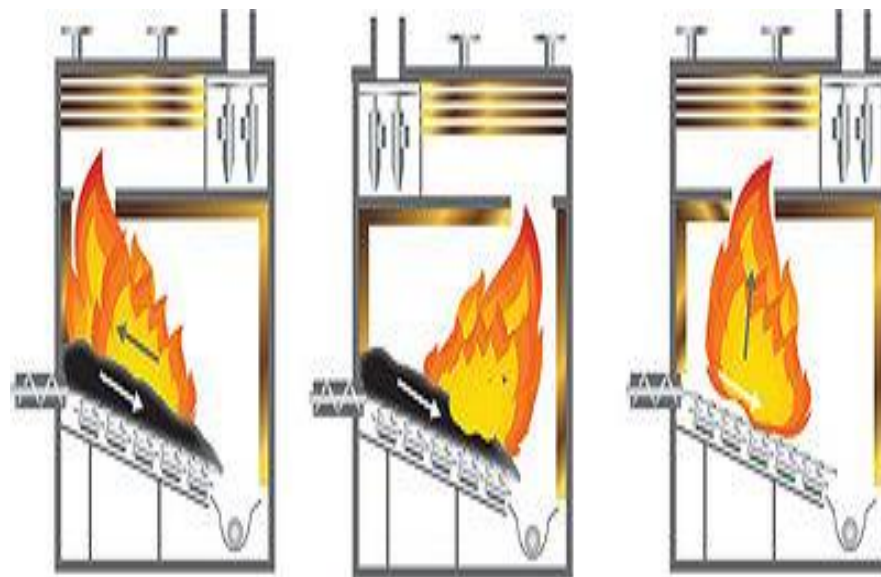
2 – виробництво пелет із лузги соняшника;

3 – виробництво пелет із соломи

Використання палива за окремими видами економічної діяльності у 2020 р. згідно «Статистичний щорічник України за 2021 рік. Державна служба статистики України свідчить, що було використовано паливних брикетів та гранули з деревини та іншої природної сировини - 471,8 тис. т



Принципова схема роботи ТЕЦ



1 -проти течії, 2- по течії, 3 – перехресна

Рисунок 2 – Схеми шарового спалювання



Пелети або паливні гранули – це поновлюване, екологічно чисте біопаливо, енергія якого, в результаті спалювання, перетворюється в енергію тепла.

Таблиця 1 - Порівняльні характеристики деревних пелет згідно стандарту ENplus

| Характеристики | | ENplus- A1 | ENplus- A2 | B |
|----------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Діаметр | мм | 3 | 4 | 5 |
| Довжина | мм | 6 (±1) | 6 (±1) | 6 (±1) |
| Насипна маса | кг/м ³ | $3,15 \leq L \leq 40$ | $3,15 \leq L \leq 40$ | $3,15 \leq L \leq 40$ |
| Теплота згорання | МДж/кг | ≥ 600 | ≥ 600 | ≥ 600 |
| Вміст води | % | $\geq 16,5$ | $\geq 16,5$ | $\geq 16,0$ |
| Стирання/пил | % | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 |
| Твердість | % | ≤ 1 | ≤ 1 | ≤ 1 |
| Зольність | % | $\geq 97,5$ | $\geq 97,5$ | $\geq 97,5$ |
| Температура плавлення золи | ° C | $\leq 0,7$ | $\leq 1,0$ | $\leq 3,0$ |
| Хлор | мг/кг | $\leq 0,02$ | $\leq 0,03$ | $\leq 0,03$ |
| Сірка | мг/кг | $\leq 0,05$ | $\leq 0,05$ | $\leq 0,05$ |
| Азот | мг/кг | $\leq 0,3$ | $\leq 0,5$ | $\leq 1,0$ |
| Свинець | мг/кг | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 |
| Хром | мг/кг | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 |
| Миш'як | мг/кг | ≤ 1 | ≤ 1 | ≤ 1 |
| Кадмій | мг/кг | $\leq 0,5$ | $\leq 0,5$ | $\leq 0,5$ |
| Ртуть | мг/кг | $\leq 0,1$ | $\leq 0,1$ | $\leq 0,1$ |
| Мідь | мг/кг | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 |
| Нікель | мг/кг | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 |
| Цинк | мг/кг | ≤ 100 | ≤ 100 | ≤ 100 |

Основні екологічні характеристики пелет

| Назва підприємства | Характеристики пелет | | | |
|--------------------|----------------------|----------------|--------------|--------------------------|
| | Зольність, % | Вміст сірки, % | Вологість, % | Теплота згоряння, МДж/кг |
| «Біоенергосбукт» | 1,31 | 0,02 | 6,8 | 18,12-21,20 |
| «КиївПеллетс» | 0,31 | 0,012 | - | 18,4 |
| «Бриг» | 1,21 | - | 3,1 | 20,33 |
| «ПеллетЕнерго» | ≤1,5 | - | 10 | 17,7 |
| «Промінь» | 0,26 | - | 8,1 | 17,93-21,13 |
| «Центрум» | 1 | - | 7 | 19 |
| «Екобіопром» | 0,48 | 0,012 | 7,8 | 19,28 |
| «Екогран» | 0,8 | 0,01 | 5,9 | 18-21 |
| «Екопеллет» | 0,41 | 0,01 | 6,73 | 21 |
| «Еко Прайм» | 0,64 | 0,01 | 4,5 | 17,87-20,19 |
| «Barlinek» | 0,7 | - | 10 | 18,0 |
| «ВКМ-Wood» | 0,9 | - | 7,05 | 18,0 |
| «Ditek Pellets» | 0,8-1,2 | - | 7 | 18,06 |
| «Eco Pellet» | 0,65 | - | 4,37 | 19,0 |
| «VNT-Group» | 0,34 | 0,01 | 4,96 | 19-21 |

1. Компанія «Пеллет-Енерго Ємільчине» виготовляє пелети із пшеничної соломи, стебел ріпаку і сої. Завод розташований у Житомирській області та експортує свою продукцію у Польщу, Чехію, Австрію, Німеччину, Словаччину, Італію, Грецію, Австрію, Румунію.

2. ТОВ «Авер-Тех» виробляє агропелети паливні гранули з соломи. Його потужністю 700 т на місяць. Організовано збут у Польщу, Данію, Німеччину.

3. Випуском агропелет із соломи займається «Ванчиківський Золотий колос» і на власній сировині виготовляє до 2,5 тис. т пелет щорічно.

4. Агропелети виробляє ТОВ «Він-Пелета» використовуючи відходи сільськогосподарського виробництва: солону пшениці, ячменю, кукурудзиння, сіно люцерни й різних трав. Сировинна база виробництва з потенціалом близько 1 млн т біомаси щорічно розташована в радіусі 50 км навколо заводу.

5. Компанія «Барлінек - деревинні пелети із відходів виробництва паркету.

6. ТОВ «Цунамі» випускає паливні гранули із дубової тирси.

Визначення характеристик піролізного шлаку зношених шин

Визначення зольності.

$$A^A = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100,$$

- де m_1 – маса тигля, г;
- $m_1 = 8,7258$ г;
- m_2 – маса тигля з пробою, г;
- $m_2 = 9,1813$ г;
- m_3 – маса тигля з золюю, г;
 $m_3 = 8,7924$ г.
- $A^A = \frac{8,7924 - 8,7258}{9,1813 - 8,7258} \cdot 100 = 14,63\%$

Визначення вологисті

$$A^p = A^A \cdot \frac{100 - W^R}{100 - W^A},$$

де b – кількість води, мл;

$b = 0,00494$ мл;

a – маса шлаку, г; $a = 1,0083$ г;

$$W_t^r = \frac{0,0494 \cdot 100}{1,0083} = 4,9\%$$

Порівняльний технічний аналіз шлаку та вугілля.

| Параметри для аналізу | Шлак, % | Вугільний концентрат марки (Т) |
|---|---------|--------------------------------|
| Волога | 4,9 | 8,6 |
| Зольність | 14,63 | 22,4 |
| Вихід летучих речовин (на пальну масу) | 65 | ~38 |

Елементний склад пелет



| Тип пелет | W, % | A, % | C, % | S % | O, % |
|---------------|-------|------|------|------|-------|
| Дере- вина | 4,5-8 | 2 | 49 | 0,25 | 43 |
| Гре- чиха | 8-14 | 1-2 | 48,3 | 0,21 | 42,65 |
| Лузга | 5-9 | 2-3 | 50,1 | 0,14 | 41,4 |
| Соло- ма | 3-4 | 3-4 | 42,7 | 0,23 | 52 |

Розрахунок нижчої теплоти згоряння пелет

Розрахунок теплоти згоряння пелет та піролізного шлаку за формулою Д. І. Менделєєва

$$Q = 33 \times C^P + 1256 \times H^P - 109 \times (Q^P + S_l^P) - 25.14 \times (9 \times H^P + W^P)$$

- де: C_P , H_P , O_P , S_l^P , W_P - зміст в робочій масі палива вуглецю, водню, кисню, летючої сірки і вологи в% (по масі).
- Розрахуємо теплоту згорання пелет з деревини:

$$Q = 33 \times 0.49 + 1256 \times 0.46 - 109 \times (0.43 + 0.025) - 25.14 \times (9 \times 0.06 + 0.06) = 176.8$$

Розрахуємо теплоту згорання пелет з грачихи:

$$Q = 33 \times 0.483 + 1256 \times 0.0657 - 109 \times (0.424 + 0.020) - 25.14 \times (9 \times 0.0657 + 0.1) = 180,7$$

Розрахуємо теплоту згорання пелет з лузги соняшника:

$$Q = 33 \times 0.51 + 1256 \times 0.063 - 109 \times (0.414 + 0.0014) - 25.14 \times (9 \times 0.063 + 0.07) = 190,7$$

Результати розрахунку складу паливних сумішей пелет та шлаку.

| № Проби | Вміст пелет, %. | Вміст шлаку, %. | Q,суміші | Q Δ , % |
|---------------------------|-----------------|-----------------|----------|----------------|
| Пелети з деревини | | | | |
| 1 | 10 | 90 | 21,35 | 6,8 |
| 2 | 10 | 90 | 28,91 | 44,5 |
| 3 | 50 | 50 | 21,75 | 8,75 |
| Пелети з соняшника | | | | |
| 1 | 10 | 90 | 22,78 | 34,5 |
| 2 | 10 | 90 | 30,43 | 76,9 |
| 3 | 50 | 50 | 20,35 | 18,3 |

Результати розрахунків теплоти згоряння сумішей вугілля-пелети-шлак (вугілля кам'яне, $Q = 24$ МДж/кг)

Лист 13

| № приклада | Вміст шлаку, % | Вміст пелет, % | Вміст вугілля, % | Теплота згоряння МДж/кг |
|-------------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Пелети з деревини | | | | |
| 1 | 40 | 10 | 50 | 23.4 |
| 2 | 10 | 40 | 50 | 22.4 |
| 3 | 25 | 25 | 50 | 22.9 |
| 4 | 40 | 10 | 50 | 26.5 |
| 5 | 10 | 40 | 50 | 23.1 |
| 6 | 25 | 25 | 50 | 24.8 |
| Двох компонентні суміші | | | | |
| 13 | - | 10 (з деревини) | 90 | 23.6 |
| 14 | - | 40 (з деревини) | 60 | 22.4 |
| 15 | - | 25 (з деревини) | 75 | 23 |

1. Проведено аналіз літератури з питань сумісного спалювання вугілля та пелет на ТЕС у світі та показана можливість застосування таких альтернативних паливних сумішей у сучасних умовах України.

2. Експериментально визначені характеристики шлаку, які впливають на екологічні показники спалювання. Теоретично розраховано теплоту згоряння пелет та шлаку.

3. Показана принципіальна можливість використання піролізного шлаку у якості альтернативного палива, як у суміші з вугіллям так і з пелетами при певному співвідношенні на існуючих енергетичних установках України.

4. Запропоновано використання комплексного альтернативного палива, що складається із суміші вугілля, пелет та піролізного шлаку та визначені оптимальні співвідношення компонентів у таких сумішах.

5. Досліджені умови забезпечення безпеки праці при спалюванні альтернативних паливних сумішей на енергетичних об'єктах.