

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки  
життєдіяльності

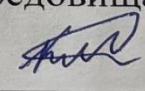
## Пояснювальна записка

до диплому/роботи магістра

на тему: «Аналіз та дослідження шкідливих викидів при  
виготовленні паливних брикетів із деревини»

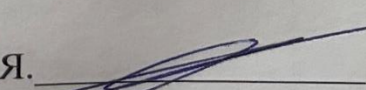
Виконав: студент VI курсу, групи ТЗНС- 61м

Спеціальності  «Технології захисту  
навколишнього середовища»

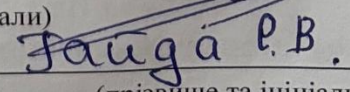
Кметь І. А. 

прізвище та ініціали)

Керівник

проф. Кшивецький Б.Я. 

(прізвище та ініціали)

Рецензент 

(прізвище та ініціали)

Львів 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут **деревообробних технологій і дизайну**

Кафедра **технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності**

Освітньо-кваліфікаційний рівень **магістр**

Спеціальність **«Технології захисту навколишнього середовища»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД**

проф. Кшивецький Б. Я.

“ 13 ” 05 2025 року

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кметь Ігор Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз та дослідження шкідливих викидів при виготовленні паливних брикетів із деревини.»

керівник роботи Кшивецький Богдан Ярославович, доктор техн. наук, професор,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ 13 ” 05 2025 року №...С-316.

2. Строк подання студентом роботи до 15 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи: виробничий та технологічний процеси з виготовлення паливних брикетів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Літературний огляд.

2. Технологічний процес з виготовлення паливних брикетів.

3. Шкідливі викиди при виготовленні паливних брикетів.

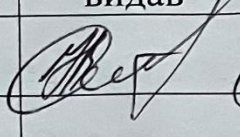
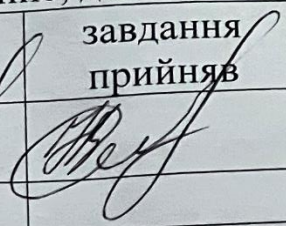
4. Технологічні рішення щодо зменшення шкідливих викидів при виготовленні паливних брикетів.

5. Висновки.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

7. Презентація

### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сторожук В.М.		

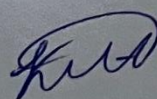
7. Дата видачі завдання 13 травня 2025 року

Керівник проекту  проф. Кшивецький Б.Я.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

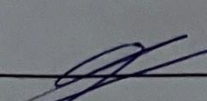
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний огляд	до 01.09.25	
2.	Технологічний процес виготовлення паливних брикетів	до 15.09.25	
3.	Характеристика відходів при виготовленні паливних брикетів	до 01.10.25	
4.	Технологічні рішення щодо зменшення шкідливих викидів виготовленні паливних брикетів	до 20.09.25	
5.	Розділ з охорони праці	до 15.11.25	
	Висновки.	до 01.12.25	
	Оформлення роботи	до 15.12.25	

Студент



Кметь І. А.

Керівник проекту



проф. Кшивецький Б.Я.

## **РЕФЕРАТ**

Магістерська дипломна робота складається із: пояснювальної записка - 56 стор., 31 рисунки, 2 таблиць, 27 джерел.

У магістерській роботі проаналізовано переваги та недоліки виготовлення та використання паливних брикетів, та шкідливі викиди які утворюються при їх виготовленні. Описано та здійснено аналіз існуючих технологічних та виробничих процесів із виготовлення паливних брикетів. Досліджено забруднення довкілля на кожному етапі виготовлення паливних брикетів та їх шкідливість. Вивчено переваги та недоліки технологій із виготовлення паливних брикетів та перспективність їх використання, як палива для генерування теплової енергії. Доведено переваги використання паливних брикетів із деревинними відходами. Запропоновано технологічні рішення щодо забруднення довкілля під час виготовлення паливних брикетів та заходи щодо зменшення їх викидів.

Ключові слова: паливні брикети, шкідливі викиди, атмосферне повітря, довкілля, відходи, очищення.

## **ABSTRACT**

Master's thesis: explanatory note: 56 pages, 31 figures, 2 tables, 27 sources.

The master's thesis analyzes the advantages and disadvantages of the manufacture and use of fuel briquettes, and the harmful emissions generated during their manufacture. The existing technological and production processes for the manufacture of fuel briquettes are described and analyzed. Environmental pollution at each stage of the manufacture of fuel briquettes and their harmfulness are studied. The advantages and disadvantages of technologies for the manufacture of fuel briquettes and the prospects for their use as fuel for generating thermal energy are studied. The advantages of using fuel briquettes with wood waste are proven. Technological solutions to environmental pollution during the manufacture of fuel briquettes and measures to reduce their emissions are proposed.

Keywords: fuel briquettes, harmful emissions, atmospheric air, environment, waste, cleaning

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Виходячи із огляду літературних джерел присвячених технологічному процесу із виготовлення паливних брикетів, ефективності та перспективності їх використання як екологічно безпечного палива необхідно здійснити:

1. Аналіз літературних джерел щодо технологічного процесу та перспективності використання паливних брикетів.
2. Технологічний процес виготовлення паливних брикетів.
3. Характеристика забруднень при виготовленні паливних брикетів.
4. Технологічні рішення щодо зменшення шкідливих викидів при виготовленні паливних брикетів.
5. Заходи з безпеки праці.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ПЕРСПЕКТИВИ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ .....	9
1.1 Аналіз використання екологічно безпечного палива.....	9
1.2 Аналіз сировини для виготовлення паливних брикетів.....	14
1.3 Забруднення довкілля при виготовленні паливних брикетів.....	17
1.4 Висновки з розділу.....	19
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС З ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ.....	20
2.1 Опис технологічного процесу виготовлення паливних брикетів. ....	20
2.2 Опис виробничого процесу виготовлення паливних брикетів .....	24
2.3 Висновки з розділу ... ..	26
РОЗДІЛ 3. ВИКИДИ ТА ЇХ НА ВПЛИВ НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС З ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ.....	27
3.1 Види забруднень довкілля при виготовленні паливних брикетів .....	27
3.2 Аналіз забруднень при виготовленні паливних брикетів.....	31
3.3. Висновки з розділу.....	35
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ.....	37
4.1 Технологічні рішення щодо зменшення шкідливих викидів у технологічному процесі з виготовлення паливних брикетів.....	37
4.2 Технологічні рішення щодо зменшення шкідливих викидів у виробничому процесі з виготовлення паливних брикетів .....	42
4.3 Висновки з розділу.....	44
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	45
5.1 Безпека праці при виготовленні паливних брикетів.....	45
5.2 Пожежна безпека при виготовленні паливних брикетів .....	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	54

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Альтернативні джерела енергій мають важливе значення сьогодні, оскільки забруднення навколишнього середовища відіграє важливу роль у сучасному світі. Це пов'язано із рядом світових проблем, які виникають при теперішньому розвитку економіки та значних шкідливих викидів як в атмосферу так і забрудненням поверхневих вод та ґрунтового покриву. Світова промисловість для генерування теплової енергії витрачає величезну кількість викопного палива, яке під час згоряння забруднює атмосферу шкідливими викидами. Це призводить до утворення парникового ефекту, який несе небезпеку для глобального світу. Наслідки парникового ефекту вже сьогодні на планеті Земля відчутні. Це призводить до підвищення температури Землі, що за собою тягне всі негативні наслідки які відбуваються, а саме потопи, засухи, пожеги тощо.

Тому, викопне паливо, для генерування теплової енергії необхідно замінювати іншими альтернативними джерелами енергії. Сьогодні, для генерування електричної та теплової енергії використовується велика кількість вітряків, сонячних батарей, гідроелектростанцій, тощо. Але дані джерела енергії не можуть повністю забезпечити промислові та побутові потреби виробленою енергією. Тому пошук альтернативних джерел енергії триває. Це вимагає додаткових фінансових витрат, досліджень, наукових розробок, тощо.

Велике значення на сьогодні має заміна викопного палива на більш екологічно чисте паливо. До такого палива відносяться матеріали, які при згорянні продукують менше шкідливих речовин у вигляді вуглекислого газу, хімічних сполук, тощо. На особливу увагу заслуговує використання, як палива, деревину та паливну продукцію на її основі.

Деревина це продукт природнього походження, який має важливе значення для промисловості, оскільки забезпечує виготовлення великого асортименту продукції. Під час росту деревина поглинає вуглекислий газ та насичує атмосферне повітря киснем. Оскільки деревина природній матеріал, то при її

згорянні не виділяється токсичних речовин, а кількість вуглекислого газу при згорянні виділяється скільки, скільки деревина його може поглинути під час її росту.

Тому, використовувати деревину як паливо для генерування енергії є на сьогодні важливим. Деревину, як паливо, використовують дуже і дуже давно. Це один із перших природніх матеріалів, який людство почало використовуватися для обігріву приміщень, приготування їжі, тощо. Деревина, в залежно від породи, може давати різну калорійність.

Разом з тим, використовувати деревину у її природньому вигляді не завжди є ефективно, оскільки є ряд факторів, які негативно впливають на її теплотворну здатність. На сьогодні появились нові можливості використовувати деревину, як паливний матеріал у вигляді різного роду паливних брикетів, паливних гранул, тощо.

Тому, аналіз та вивчення використання як паливо деревину та паливні брикети, паливні гранули, сьогодні є актуальною проблемою, якій приділяють важливу увагу.

**Метою роботи** є дослідження шкідливих викидів, які можуть утворюватися при виготовленні паливних брикетів із деревини, що дасть можливість зробити їх виробництво повністю безпечним для навколишнього середовища.

**Об'єкт дослідження:** викиди при виготовленні паливних брикетів.

**Предмет дослідження:** технологічний процес з виготовлення паливних брикетів.

#### **Задачі дослідження:**

1. Аналіз стану питання щодо деревинного палива.
2. Вивчення технологічного процесу з виготовлення паливних брикетів.
3. Характеристика відходів при виробництві паливних гранул.
4. Технологічні рішення щодо запобіганню шкідливих викидів при виготовленні паливних брикетів
5. Заходи з безпеки праці.

# РОЗДІЛ 1

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

### 1.1. Аналіз використання екологічно безпечного палива

Розвиток сучасної світової економіки, характерний загальними тенденціями щодо промислового забруднення довкілля та навколишнього середовища різними шкідливими викидами в атмосферне повітря, стічні води та ґрунтовий покрив. Це все спричиняє світові екологічні проблеми із зміною клімату та іншими екологічними катаклізмами. Передові країни світу із розвинутою економікою намагаються призупинити даний процес щодо зміни клімату. Для цього запроваджуються та приймають нормативні документи, які регулюють промислові викиди у атмосферне повітря шкідливих речовин.

Багато проблем із забруднення атмосферного повітря пов'язані із спалюванням великих об'ємів викопного палива, такого як кам'яне вугілля, природний газ, нафта тощо. Тому заміна існуючому паливу альтернативним та пошуки нетрадиційних джерел енергії сьогодні є поширеним явищем у світовому масштабі. Викопне паливо на сьогодні є важливим для промисловості, але шкідливі викиди від нього створюють набагато більше світових проблем. Для прикладу викиди від спалювання кам'яного вугілля, газу або нафтопродуктів несуть серйозну небезпеку для атмосферного повітря. [19, 21]

На рис. 1.1. наведено у відсотковому співвідношенні утворення шкідливих викидів від спалювання викопного палива.

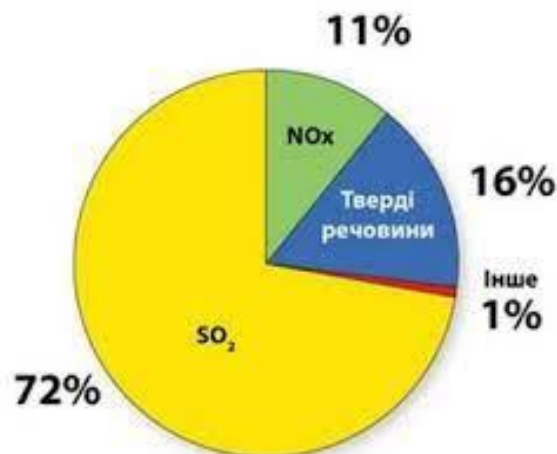


Рис. 1.1 Шкідливі викиди у димових газах

Як видно із рис. 1.1. найбільше, а саме 72% при спалюванні викопного палива утворюється діоксид сірки. Цей газ є токсичним при високих концентраціях та небезпечний для всіх живих організмів на планеті.

Саме такий газ виділяється промисловістю. На рис. 1.2. наведено димові гази, які утворюються при спалюванні викопного палива.



Рис. 1.2 Димові гази від спалювання викопного палива.

Все це створює загрозу світовій безпеці. Значна кількість шкідливих викидів призводить до парникового ефекту, який сьогодні вже відчутний на нашій планеті. Суть парникового ефекту зводиться до того, що димові гази пошкоджують озоновий шар Землі, який захищає планету від надмірного сонячного тепла. Тобто, сонячне тепло і радіація попадають на землю, відбиваються від землі і знову попадають у космос. Озон, який огортає Землю, дозволяє це робити. А парникові гази, які утворились на місці озону цього робити не дозволяють. Тобто тепло, яке попало на Землю тут і залишається, від чого відбувається нагрівання поверхні Земля. Це дуже небезпечне явище, яке може призвести до глобальної світової катастрофи. Тому необхідно зменшити кількість шкідливих викидів в атмосферу, щоб запобігти зменшенню озону.

Для цього необхідно шукати альтернативні джерела викопному паливу. На сьогодні їх не так багато, але вони є. До них можна віднести вітрову енергію, сонячну енергію, енергію води, біоенергетику, тощо. Тому альтернатива викопному паливу появляється, але для масштабного його впровадженні

необхідно наукові дослідження, спостереження, аналіз та пошук альтернативних джерел енергії.

Вагому кількість при генеруванні електричної енергії на сьогодні вже займає вітрова та сонячна енергія, а саме генерування енергії за допомогою вітряків, сонячних батарей тощо. На рис. 1.3 наведено генерування енергії за допомогою вітряків.



Рис. 1.3 Генерування енергії за допомогою вітряків.

Можна і далі перераховувати сучасні альтернативні джерела енергії. Але окрім таких джерел енергії є ще і джерело генерування енергії за допомогою біоенергетики, тобто за допомогою біологічного палива. Найбільш поширеним серед якого є використання для спалювання деревини.

На рис. 1.4. наведено паливо із деревини.



а) дрова



б) паливні пелети

Рис. 1.4 Паливо із деревини.

Паливо із деревини відноситься до найбільш екологічно чистого палива, яке використовується для генерування теплової енергії в порівнянні із іншими видами викопного палива.

Використання біопалива супроводжується меншими викидами в атмосферу шкідливих речовин. Основними серед них є вуглекислий газ, який виділяється під час спалювання деревини та зола, як залишки неспаленої деревини. Окрім того, в залежності від породи деревини виділяються смоли, в основному це відбувається при спалюванні хвойних порід деревини. Утворення смол, під час згоряння деревини вимагає частого чищення димохідних трую, оскільки вони швидко засмолюються та перешкоджають димовим газам видалятися в атмосферу. [1, 22, 23]

На рис. 1.5. наведено поглинання та перетворення вуглекислого газу деревиною під час росту та згоряння.

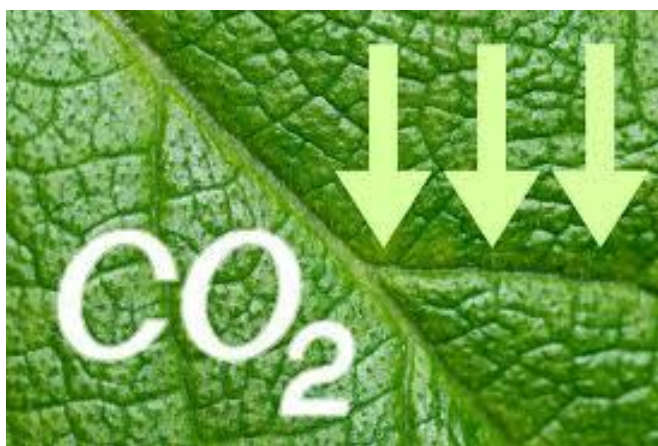


Рис. 1.5 Поглинання вуглекислого газу деревиною.

Як бачимо згоряння деревини має як позитивні так і негативні моменти. До позитивних моментів відносять незначна кількість виділення шкідливих речовин, досить висока теплотворна здатність, деревина є відновлювальним матеріалом, тощо.

Разом з тим, є і негативні моменти при спалюванні деревини, а саме, утворення значної кількості золи, від неповного згоряння деревини, при високій вологості деревина погано горить і має низьку теплотворну здатність, не кожна

порода деревини здатна забезпечити високу калорійність теплової енергії під час згоряння, тощо.

Тому, для покращення теплотворної здатності палива із деревини, як біологічного палива, на сьогодні, використовують технологію виготовлення паливних брикетів та пелетів. Це дозволяє покращити теплотворну здатність генерування теплової енергії та зменшити кількість утвореної золи, тобто ці матеріали краще згоряють, не утворюючи золи та не засмічують димоходів.

На рис. 1.6 наведено паливні брикети із деревини. [19, 24]



Рис. 1.6 Паливні брикети із деревини.

Наприклад один із брикетів, який наведено на рис. 1.4. має назву Ріні. Як видно із конструкції брикету він шестигранної форми та в середині має наскрізний отвір. Форма паливних брикетів має важливе значення, оскільки впливає на процес горіння паливного брикету та теплотворну здатність. Саме така форма дозволяє забезпечити високу теплотворну здатність в порівняно із деревиною.

Паливні брикети це сучасна технологія виготовлення палива із деревини із використанням деревинних відходів від деревообробних виробництв. Це дозволяє повністю використовувати відходи, які утворюються у технологічному процесі обробки деревини при виготовленні деревинної продукції. Даний вид

палива на шістдесят відсотків має кращу теплотворну здатність в порівнянні із деревиною.

Окрім того, при спалюванні паливних брикетів, для генерування теплової енергії практично не утворюється золи, тобто деревинна повністю згоряє, що дозволяє забезпечити якісний процес спалювання деревини. Паливні брикети виготовляють різних розмірів та форм, які відповідають вимогам до даного технологічного процесу виготовлення брикетів.

Необхідно відзначити, що окрім паливних брикетів із відходів деревини виготовляють і паливні гранул, пелети. За своїми властивостями вони нічим не відрізняються від паливних брикетів, лише розмірами. Пелети є невеликих розмірів, але технологічний процес їх виготовлення є дещо складнішим. Основна перевага пелет та гранул у тому, що технологічний процес генерування теплової енергії при їх спалюванні можна автоматизувати.

## **1.2. Аналіз сировини для виготовлення паливних брикетів**

Для виготовлення паливних брикетів використовують деревину, відходи з неї у вигляді стружки, тирси, кори, кускові відходи тощо. Тобто все що залишається після технологічного процесу обробки деревини, можна використовувати для виготовлення паливних брикетів. У розд. 1.1. наведено опис та переваги паливних брикетів під час генерування теплової енергії в порівнянні із спалюванням деревини, які дають можливість більш якісно їх спалювати та генерувати теплову енергію. Разом з тим, деревина є основною сировиною для виготовлення паливних брикетів є.

Деревина це природній матеріал, який постійно відновлюється і має багато різних властивостей, продукує кисень, поглинає вуглекислий газ, добре обробляється, тощо. На рис. 1.7 наведено основні властивості деревини .

Відповідно до рис. 1.7. деревина характеризується фізичними, механічними, реологічними та хімічними властивостями. Всі ці властивості роблять деревину незамінним матеріалом для виготовлення різного роду продукції. Окрім того, деревина дуже добрі теплофізичні властивості, має хорошу теплоємність,

температуропровідність та теплопровідність. Це дозволяє використовувати деревину для будинкобудування, столярно-будівельних виробів, як паливо тощо. Окрім того, деревина піддається різним методам обробки, починаючи від механічної обробки, обробки високими температурами, хімічними компонентами, тощо. [5]

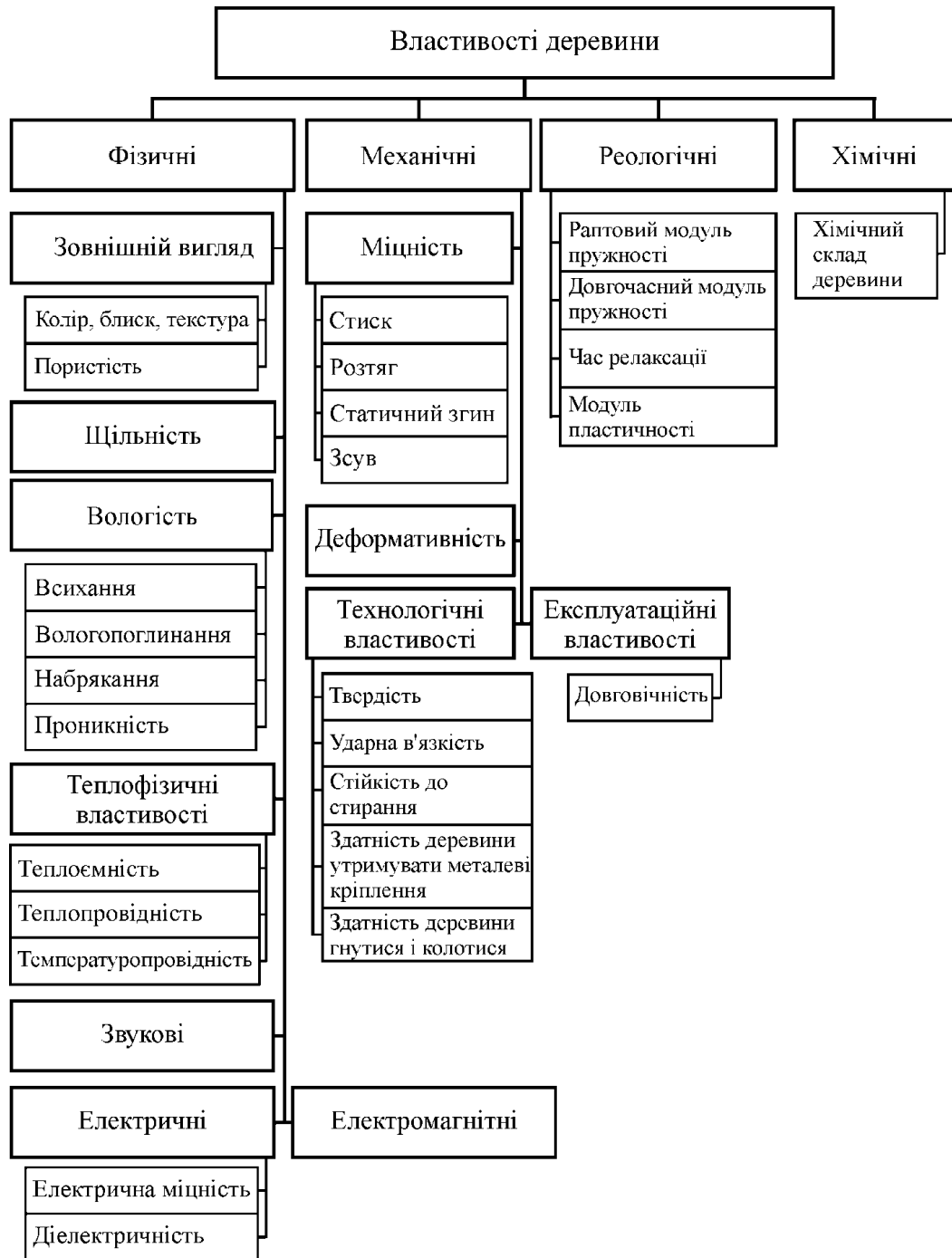


Рис. 1.7 Властивості деревини

Серед основних недоліків деревини є її здатність всихатися та набрякати під час сорбування вологи з повітря або її видаленні. Даний недолік має

негативне як для виготовлення виробів так і при її спалюванні та виготовленні паливних брикетів із неї.

Спалювання деревини за високої вологості зменшує її теплотворну здатність, збільшує тривалість процесу згоряння деревини, робить процес згоряння неповноцінним, тощо. Тому спалювання деревини необхідно здійснювати за відповідної вологості, яка повинна становити 15...20%. Це дозволить отримати повноцінний процес згоряння деревини та високу калорійність здатність та тепловіддачу від отриманої енергії.

Важливу роль при генеруванні теплової енергії відіграє порода деревини. Від породи деревини, а саме від її щільності буде залежати калорійна здатність теплової енергії. В табл.1.1 наведено щільність деяких порід деревини. [25]

Таблиця 1.1

Щільність деяких порід деревини.

№ з/п	Порода	Щільність кг/м <sup>3</sup>
1	Модрина	660
2	Сосна	500
3	Ялина	445
4	Кедр	435
5	Смерека	375
6	Граб	800
7	Акація	800
8	Груша	710
9	Дуб	690
10	Клен	690

Як видно із табл. 1.1. щільність деревини залежить від породи. Чим твердіша деревина, том вона є щільнішою. Чим щільніша деревина тим її теплотворна здатність є кращою.

На рис. 1.8. наведено різні породи деревини.



Рис. 1.8. Породи деревини

Щодо сировини для виготовлення паливних брикетів, то вона може бути різною починаючи від масивної деревини, до кускових відходів від обрізання пиломатеріалів, стружки від фрезерування та стругання деревини, пилу від шліфування, калібрування та фрезерування деревини.

На рис. 1.9 показано деякі відходи деревини, які можуть використовуватися для виготовлення паливних брикетів.



Рис. 1.9 Відходи деревини для виготовлення паливних брикетів.

Тобто, як бачимо деревина це природній матеріал, який володіє цілим рядом властивостей. Ці властивості будуть мати вплив на виготовлення паливних брикетів. Відходи, які утворюються після механічної обробки деревини, як зазначалось вище бувають різними. Кускові відходи при

виготовленні паливних брикетів подрібнюють, розмелюють, а тирсу та стружку піддають розмелюванню. Подрібнену деревину піддають пресуванню.

### **1.3. Забруднення довкілля при виготовленні паливних брикетів**

Технологічний процес із виготовлення паливні брикети із деревини вимагає додаткових затрат на перероблення деревинних відходів, а саме подрібнення та розмелювання деревини до відповідних дрібних частинок, та інших технологічних операцій. Тому, даний технологічний процес, так як і будь який інший технологічний процес при виготовленні продукції із деревини буде забруднювати довкілля.

Разом з тим, у літературних джерелах зазначено, що технологічний процес виготовлення паливних брикетів не відносять до технологічних процесів із шкідливими викидами і вважається практично екологічно чистим. Хоча, при виготовленні паливних брикетів необхідна електрична енергія, теплова енергія, спеціальне технологічне обладнання для подрібнення деревини та виготовлення брикетів, тощо.

Деякі літературні джерела пишуть, що забруднення навколишнього середовища при виготовленні паливних брикетів практично відсутнє. Небезпеку можуть становити неякісні деревинні відходи, підвищена вологість деревних відходів, тощо.

Разом з тим, при технологічному процесі з виготовлення паливних брикетів відбувається сушіння подрібненої деревини, для чого необхідна теплова енергія, відбувається пресування подрібненої деревини, для чого необхідне пресове обладнання, і так далше можна переховувати і інші етапи технологічного процес з виготовлення паливних брикетів.

Крім того під час подрібнення деревини, небезпеку несе дрібнодисперсний пил, який буде забруднювати довкілля та навколишнє середовище. Тобто, технологічний процес виготовлення паливних брикетів вимагає також додаткових засобів захисту, щоб не допустити забруднення довкілля. Тому даний технологічний процес вимагає додаткових технологічних рішень щодо

покращення екологічної ситуації під час технологічного процесу виготовлення паливних брикетів.

Щодо забруднення навколишнього середовища, під час згоряння паливних брикетів та продукування теплової енергії, то тут практично немає шкідливих викидів та забруднення навколишнього середовища. При спалюванні деревини відбувається більше забруднення навколишнього середовища через неповного згоряння деревини, утворення значної кількості золи та засмолювання димоходів, через значний вміст смоли у деяких породах деревини, тощо. Для паливних брикетів це практично зводиться до нуля, оскільки при виготовленні паливних брикетів відбувається змішування різних порід деревини, різні розміри дерев'яних частинок, тощо.

Тому і мета нашої магістерської роботи полягає у вивченні та дослідженні технологічного процесу виготовлення паливних брикетів, та покращити екологічні проблеми, які виникають під час технологічного процесу виготовлення паливних брикетів..

#### **1.4. Висновки з розділу**

З першого розділу, який присвячений аналізу та огляду літературних джерел щодо виготовлення паливних брикетів можна зробити висновок, що паливні брикети це заміна для викопного палива, яке використовується для генерування теплової енергії для промислових та побутових потреб. Дане паливо за якістю згоряння та калорійністю є кращим ніж паливо із деревини. Разом з тим, технологічний процес виготовлення паливних брикетів не відповідає екологічним вимогам на відміну від самих паливних брикетів при їх спалюванні. Тому, необхідні подальші дослідження щодо запровадження технологічних рішень для покращення екологічної безпеки з виготовлення паливних брикетів.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС З ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

#### 2.1 Опис технологічного процесу виготовлення паливних брикетів

Технологічний процес виготовлення паливних брикетів складається із ряду технологічних операцій певної послідовності із використанням відповідного технологічного обладнання. Даний технологічний процес входить у структуру виробничого процесу із виготовлення виробів із деревини. Звичайно бувають технологічні процеси окремо від виробничих процесів із виготовлення виробів із деревини. Але раціональніше використовувати технологічний процес з виготовлення паливних брикетів у виробничому процесі із виготовлення виробів із деревини. Це пояснюється отриманням дешевої, або навіть безкоштовної сировини у вигляді відходів деревини для виготовлення паливних брикетів. [26]

На рис. 2.1 наведено структуру виробничого процесу.



Рис. 2.1. Структура виробничого процесу

Як видно із рис. 2.1. виробничий процес включає основні (технологічні) процеси, допоміжні та обслуговуючі.

Виробничі процеси класифікуються за певними ознаками, які наведено на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Класифікація виробничих процесів

У даному розділі розглянемо технологічний процес із виготовлення паливних брикетів.

Структуру технологічного процесу наведено на рис. 2.3.

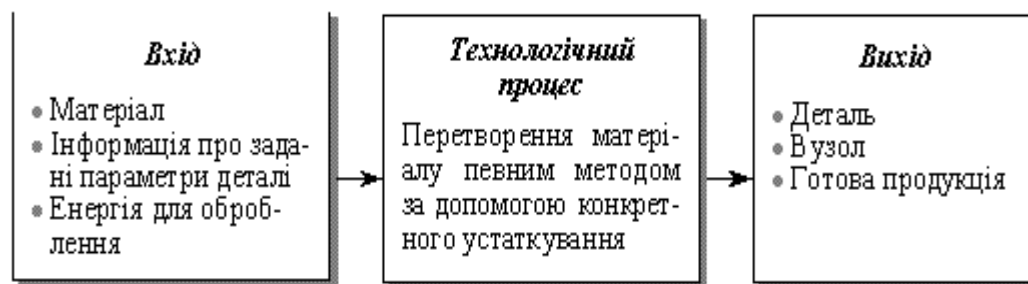


Рис. 2.3. Класифікація технологічного процесів

Відповідно до наведених структурних схем виробничого та технологічного процесів, відбувається виготовлення певної продукції. Це важливо для технологічних процесів із виготовлення паливних брикетів, оскільки це впливає на собівартість виготовлення паливних брикетів, оскільки раціональніше виготовляти паливні брикети у структурі виробничого процесу із виготовлення виробів із деревини. Проектувати технологічний процес із виготовлення паливних брикетів окремо не завжди є ефективно.

На рис. 2.4. наведено технологічну схему виготовлення паливних брикетів.

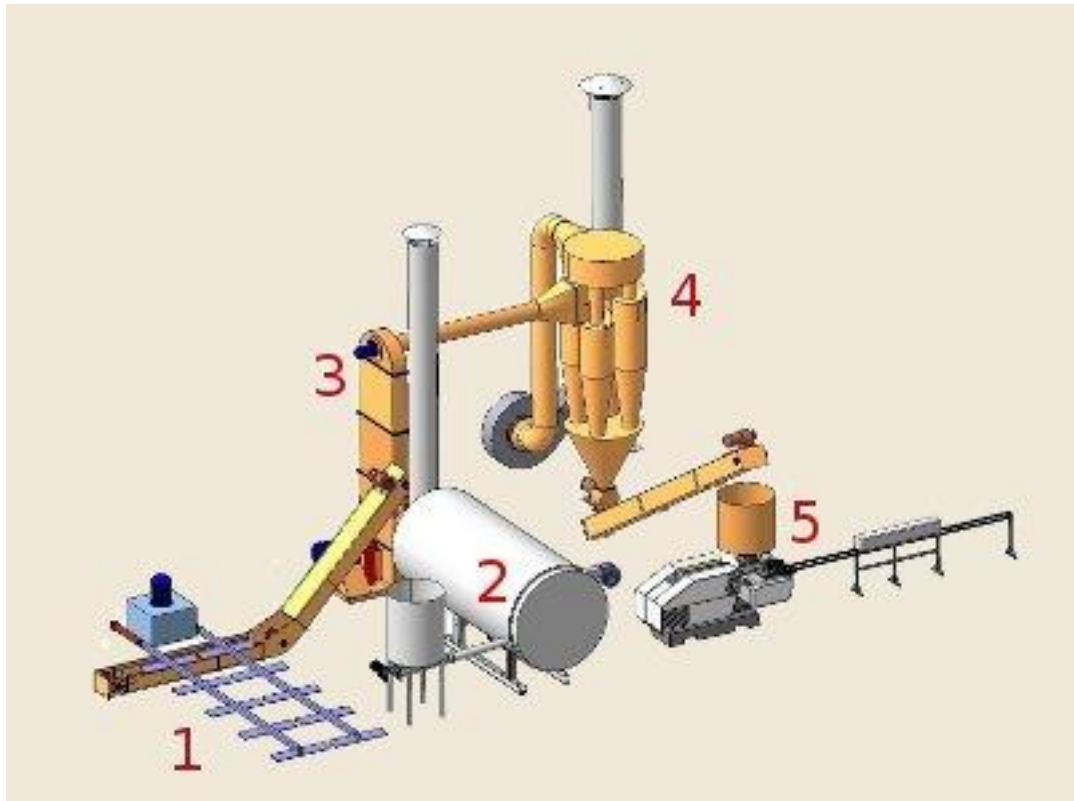


Рис. 2.4. Схема виготовлення паливних брикетів  
1- склад сировини; 2 - теплогенератор; 3 - подрібнювач;  
4 - циклон; 5 - бункер.

Як було сказано у першому розділі, для виготовлення паливних брикетів використовують відходи деревини після технологічного процесу виготовлення виробів із деревини. Дані відходи можуть бути різних розмірів, різної форми, з різної породи деревини та різних частин деревини. Тому, для виготовлення паливних брикетів необхідно здійснити підготовку даних відходів до використання у технологічному процесі із виготовлення паливних брикетів.

У підготовку сировини входить очистка відходів від різного роду домішок, забруднення та інших небажаних елементів. Цей процес необхідно здійснювати за допомогою спеціального відсортування деревних відходів від небажаних елементів. Після цього продукція поступає у цех з виготовлення паливних брикетів на спеціальний склад для сировини. На рис. 2.1. він наведений під номером 1.

Із складу, сировина, у вигляді відходів деревини, подається за допомогою транспортера у відділення подрібнення деревини. На схемі ця позиція не

показана. За допомогою відповідного подрібнювача всі кускові відходи подрібнюються до частинок відповідних розмірів та форми. Подрібнення здійснюється за допомогою барабанної дробарки. Подрібнені частинки деревини необхідно довести до відповідної вологості згідно режимних параметрів виготовлення паливних брикетів. Для цього використовують спеціальний барабанний теплогенератор, який дозволяє надати дрібним частинкам відповідної вологості.

Процес сушіння подрібнених частинок відбувається за допомогою нагрітого повітря та методом його продуву через дрібні частинки. Весь процес сушіння відбувається у проточному режимі із автоматичним контролем вологості подрібнених частинок. Після отримання відповідної вологості подрібнених частинок, за допомогою шнекового механізму, відбувається подача частини у циклон під номером 4. У даному циклоні відбувається сортування деревинних частинок на відповідні фракції та порції з подальшою подачею на прес для пресування брикетів. Після пресування брикети поступають у бункер та розфасовку.

На рис. 2.5. наведено лінію для виготовлення паливних брикетів.

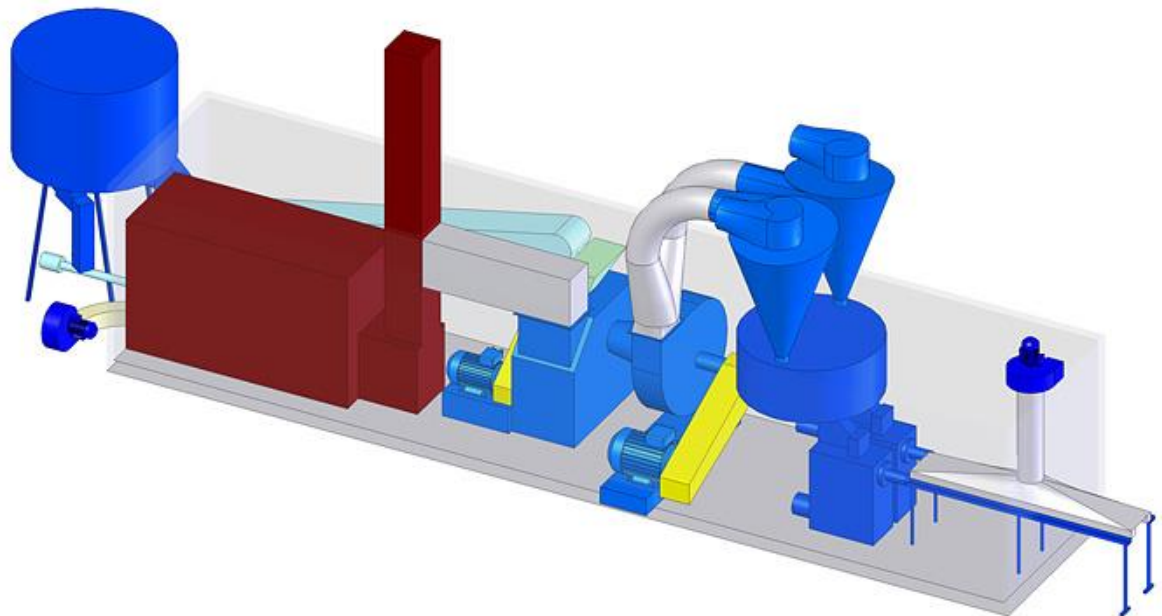


Рис. 2.5. Лінію для виготовлення паливних брикетів

Як видно із рис. 2.5 лінія дана лінія з виготовлення паливних брикетів є простою, що включає послідовність відповідного устаткування для виготовлення паливних брикетів.

Підсумовуючи даний розділ роботи можна відзначити, що технологічний процес з виготовлення паливних брикетів має свою специфіку, яка включає певні технологічні операції із переробки відходів деревини. Основними технологічними операціями при виготовленні паливних брикетів є подрібнення деревини на дрібнодисперсні частинки, їх сушіння до певної вологості та пресування у брикети відповідної форми та розмірів. Форма та розміри паливних брикетів забезпечує добру якість їх горіння та теплотворну здатність. Весь технологічний процес виготовлення вимагає певних вимагає енергетичних затрат на подрібнення та сушіння деревини.

## **2.2. Опис виробничого процесу виготовлення паливних брикетів**

Як зазначалося у розділі 2.1. технологічний процес з виготовлення паливних брикетів може бути як окремий виробничий процес, а може бути як технологічний процес у складі виробничого процесу із виготовлення виробів із деревини. Другий варіант є більш раціональніший, оскільки дозволяє отримати сировину для виготовлення паливних брикетів із технологічного процес обробки деревини.

Коротко проаналізуємо відмінності від виробничого та технологічного процесу з виготовлення паливних брикетів. Виробничий процес включає комплекс заходів щодо забезпечення технологічного процесу із виготовлення продукції, у нашому випадку із виготовлення паливних брикетів. Сюди входять постачання сировини, логістика, технологічний процес виготовлення паливних брикетів, реалізація продукції тощо.

Технологічний процес це певні технологічні операції, які включають послідовність технологічних операцій із виготовлення паливних брикетів. Тобто технологічний процес це частина виробничого процесу із виготовлення певної продукції.

Для технологічного процесу виготовлення паливних брикетів як окремого виробничого процесу, сировину для їх виготовлення необхідно закуповувати. У даному випадку сировиною буде низькоякісна деревина або відходи із виробництва продукції із деревини. Для цього необхідно закуповувати відповідну сировину або відходи деревини. Даний технологічний процес необхідно забезпечити всіма відповідними умовами виробництва, починаючи від електричної та теплової енергії до каналізації та інших послуг для виробництва. Це все вимагає додаткові витрати на ці всі послуги.

Відповідно до вимог, які сьогодні ставляться до використання біопалива для забезпечення потреб у генеруванні теплової енергії для промислових підприємств деревообробної галузі та для побутових споживачів повинна відбуватись за схемою, кількість виділеного вуглекислого газу під час спалювання повинно відповідати кількості його поглинання під час росту деревини. Це наглядно видно із рис.2.6.

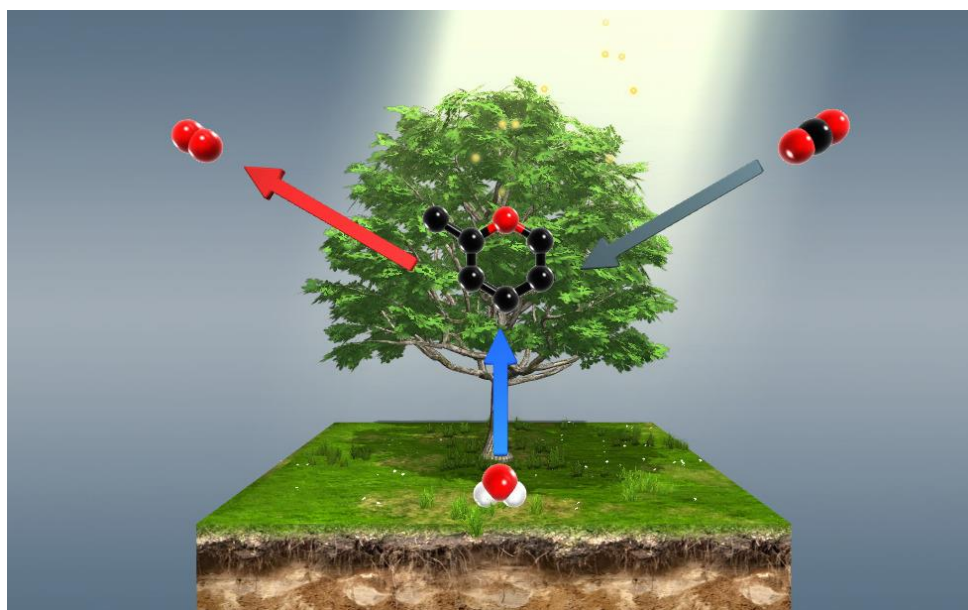


Рис. 2.6. Виділення та поглинання вуглекислого газу деревиною.

Підсумовуючи даний розділ роботи, можна відзначити, що технологічний процес з виготовлення паливних брикетів більш раціонально використовувати та деревообробних підприємствах, які мають великі запаси відходів від виробництва продукції із деревини. Це дозволяє економити кошти на придбання сировини для паливних брикетів та раціонально використовувати

відходи деревообробних виробництв. Сьогодні важливо, щоб кількість вуглекислого газу при спалюванні палива була не високою як у деревині, тобто кількість вуглекислого газу що виділяється при згорянні палива була нарівні продукування кисню.

### **2.3 Висновки з розділу**

Виходячи із наведеного вище можна зробити наступні висновки:

1. Технологічний процес з виготовлення паливних брикетів має свою специфіку, яка включає певні технологічні операції із переробки відходів деревини. Основними технологічними операціями при виготовленні паливних брикетів є подрібнення деревини на дрібнодисперсні частинки, їх сушіння до певної вологості та пресування у брикети відповідної форми та розмірів. Форма та розміри паливних брикетів забезпечує добру якість їх горіння та теплотворну здатність. Весь технологічний процес виготовлення вимагає певних енергетичних затрат на подрібнення та сушіння деревини.

2. Технологічний процес з виготовлення паливних брикетів більш раціонально використовувати та деревообробних підприємствах, які мають великі запаси відходів від виробництва продукції із деревини. Це дозволяє економити кошти на придбання сировини для паливних брикетів та раціонально використовувати відходи деревообробних виробництв. Сьогодні важливо, щоб кількість вуглекислого газу при спалюванні палива була не високою як у деревині, тобто кількість вуглекислого газу, що виділяється при згорянні палива була нарівні продукування кисню..

## РОЗДІЛ 3

### ВИКИДИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС З ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

#### **3.1. Види забруднень довкілля при виготовленні паливних брикетів**

Технологічний процес виготовлення паливних брикетів відноситься до тих процесів, які вважаються безпечними для виробництва. Але кожний технологічний процес під час механічної обробки або переробки деревини забруднює довкілля. Проаналізуємо, як забруднюється довкілля при виготовленні паливних брикетів.

Для паливних брикетів сировиною є неякісна деревина, кускові відходи від обробки деревини при виготовленні продукції, тирса та стружка від технологічного процесу стругання та фрезерування деревини, шліфувальний пил від шліфування та калібрування деревини, інші відходи, різного роду відходи, солома, інші відходи сільськогосподарської продукції. Тобто, окрім відходів деревини використовують і інші матеріали, які мають теплотворну здатність. Всі ці матеріали можна поділити на дві групи, матеріали, що містять чисту деревину у вигляді відходів, або сировина, що може містити інші складові природнього походження, тощо. Все це створює небезпеку для забруднення довкілля. Проаналізуємо поетапно забруднення довкілля технологічним процесом виготовлення паливних брикетів.

На першому етапі виготовлення паливних брикетів небезпеку довкіллю створює зберігання сировини. Для зберігання сировини необхідно мати спеціально підготовлені площадки. Оскільки зберігати відходи деревини на відкритому ґрунті і під відкритим небом може призвести до забруднення ґрунтів та ґрунтових вод.

Тому, для правильного зберігання відходів деревини потрібно підготувати площадку. Вона повинна бути бетонована та захищена від дощу, снігу, тощо. Це дозволить запобігти забрудненню ґрунтів та ґрунтових вод, оскільки під час зберігання таких відходів на відкритому ґрунті може відбуватися хімічна

взаємодія між компонентами деревини та ґрунту, що призводить до окислення ґрунтів та водного середовища на певній території. Якщо зберігається кора, то є небезпека розмноження мікроорганізмів, які наповнюють кору під час росту деревини. Окрім того зберігання деревинних відходів на відкритому ґрунті може негативно вплинути на технологічний процес виготовлення паливних брикетів, оскільки під час перевезення сировини із місця зберігання можливе попадання ґрунту або інших додаткових включень до відходів.

На рис. 3.1 наведено підготовлена площадка для зберігання кускових відходів.



Рис. 3.1. Місце зберігання кускових відходів деревини при виготовленні паливних брикетів.

Наступним важливим моментом під час виготовлення паливних брикетів є сортування деревних відходів, тобто відокремлення кускових відходів, які необхідно подрібнювати від тирси, стружки, деревного пилу, плитних матеріалів, тощо. це доволі складна задача, оскільки вимагає відповідного технологічного обладнання, або людських затрат. Тому, всі відходи деревини, які утворюються після технологічного процесу виготовлення продукції, потрібно сортувати окремо, тобто кускові відходи, стружка, тирса, плитні матеріали, тощо.

Наступним забрудненням довкілля у технологічному процесі з виготовлення паливних брикетів є подрібнення кускових відходів деревини на дрібні частини, дерев'яну муку, яка піддається пресуванню. Даний технологічний процес буде відбуватися із утворення дерев'яного пилу, який буде забруднювати довкілля. Для подрібнення кускових відходів деревини використовують барабанні дробарки.

На рис. 3.2. наведено дробарку для подрібнення кускових відходів деревини.



Рис. 3.2. Дробарка для подрібнення кускових відходів деревини.

Наступним джерелом забруднення довкілля при виготовленні паливних брикетів є теплогенератор для сушіння подрібненої деревини. Для роботи такого генератора необхідна тепла енергія. Для її генерування необхідно затратити енергію для його нагрівання. На рис. 3.3. наведено теплогенератор



Рис. 3.3. Теплогенератор.

Завершальним джерелом забруднення при виготовленні паливних брикетів буде прес для виготовлення паливних брикетів. Від цього типу обладнання забруднення навколишнього середовища практично не буде, оскільки він працює від електричної енергії. Разом з тим, температура пресування становить 100°C.

На рис. 3.4. наведено прес для виготовлення паливних брикетів.



Рис. 3.4. Прес.

Для пресування, потужність двигунів може сягати і 18 кВт і вище. Температура пресування 100°C. Продуктивність, 200-500 кг/год.

Підсумовуючи необхідно зазначити, що технологічний процес із виготовленням паливних брикетів вимагає уваги щодо захисту довкілля, оскільки включає певні технологічні операції, а саме зберігання відходів, їх подрібнення, сушіння та пресування, тощо. Дані процеси вимагають уваги, оскільки при неправильних підходах щодо зберігання відходів, та під час технологічного процесу їх виготовлення або недотримання вимог режимних параметрів технологічного процесу їх виготовлення, може призводити до забруднення атмосферного повітря, ґрунтів та ґрунтових вод. Забруднення може бути різної складності в залежності від використаної сировини для виготовлення паливних брикетів.

### 3.2 Аналіз забруднень при виготовленні паливних брикетів

У розд. 3.1. проаналізовано основні зони у технологічному процесі із забруднення довкілля при виготовленні паливних брикетів. У даному розділі проаналізуємо які забруднення виникають під час технологічного процесу з виготовлення паливних брикетів та яку небезпеку вони несуть для довкілля.

Зберігання відходів деревини може нести небезпеку для забруднення ґрунтів та ґрунтових вод.

На рис 3.5 наведено відходи, які зберігаються на ґрунті під відкритим небом.



Рис. 3.5. Зберігання відходів деревини на ґрунті.

Зберігання відходів на відкритому ґрунті призводить до забруднення поверхневого шару ґрунтів та ґрунтових вод. Деревина на відкритому ґрунті псується за рахунок утворення різного роду грибків, оскільки при контакті деревини з вологим ґрунтом грибки розмножуються в деревині. Грибки, які розмножуються в деревині при контакті з ґрунтом прямої небезпеки для ґрунту не несуть. Вони несуть небезпеку для оточуючих рослин, що ростуть поруч. Окрім того, у деревині, а особливо у корі знаходиться велика кількість різного роду жучків, та інших комах, які також можуть розмножуватися та нести небезпеку для довкілля, а саме до дерев, рослин тощо.

Деревина яка зберігається на відкритому ґрунті стає непридатною для використання при виготовленні паливних брикетів, оскільки вона сорбує воду із

грунту та інші речовини, які містяться в ґрунті. Така деревина погано піддається пресуванню, оскільки для склеювання деревини при виготовленні паливних брикетів використовують адгезив у вигляді лігніну, який утворюється під час пресування при підвищених температурах.

Наступним етапом. Щодо забруднення довкілля при виготовленні паливних брикетів є подрібнення деревини на рівні частинки, які будуть піддаватися склеюванню. Як було відзначено у розд. 3.1. для цього використовують спеціальні подрібнювачі, дробарки.

Технологічний процес подрібнення деревини вимагає відповідного технологічного обладнання, яке здатне здійснити подрібнення деревини. Під час подрібнення деревини буде утворюватися деревини пил та різного роду леткі речовини, які будуть забруднювати довкілля. Разом з тим, пил під час подрібнення, в повітрі, може накопичуватися деревинний пил відповідної граничної концентрації, що несе небезпеку, оскільки може вибухнути. Окрім того, вдихання пилу із деревин під час її подрібнення може призвести до алергічних реакцій у людей, які до цього схильні.

На рис. 3.6. наведено дробарку для подрібнення деревини разом із аспіраційною системою захисту території підприємства від забрудненням дрібнодисперсними частинками пилу, який утворюється під час подрібнення деревини.



Рис. 3.6. Дробарка для подрібнення відходів деревини.

Технологічний процес сушіння деревини відбувається у теплогенераторі, який описано у розд. 3.1. Відповідно до технологічного процесу сушіння подрібнених дисперсних частинок пресування відбувається без додавання в'язучого матеріалу. Склеювання дрібнодисперсних частинок деревини відбувається за допомогою лігніну, який утворюється під час температури 100°C. Тому, важливе значення для процесу пресування має вологість дрібнодисперсних частинок деревини. Під час сушіння деревини утворюються випари, які можуть забруднювати територію цеху та довкілля. Для сушіння використовується тепле повітря, яке нагрівається за допомогою теплогенератора.

На рис. 3.7 наведено теплогенератор для процес сушіння подрібненої деревини.



Рис. 3.7. Теплогенератор для сушіння подрібненої деревини.

Як видно із рис. 3.7. процес сушіння деревини відбувається за допомогою теплого повітря, яке нагнітається у відповідну зону. Процес сушіння відбувається у режимі проходження подрібненої стружки через потік теплого повітря. Під час даної технологічної операції відбувається виділення води у вигляді пари, летких речовин у вигляді смоли або інших летких речовин, які є у різних породах деревини. При сушіння подрібненої деревини із плитних матеріалів, можуть виділятися речовини або сполуки хімічного походження, які

можуть нести більш серйозну небезпеку для довкілля. Тому, необхідно враховувати всі небезпечні викиди під час сушіння подрібненої деревини.

Під час пресування подрібнених частинок деревини у паливні брикети використовують відповідні преси, які пресують за підвищених температур. При підвищених температурах із деревини виділяється лігнін, який має адгезійну здатність і за рахунок якого відбувається процес склеювання подрібнених частинок із деревини і отримуємо паливні брикети.

На рис. 3.8. наведено сформовані паливні брикети після пресування.



Рис. 3.8. Паливні брикети після пресування.

Для проведення технологічного процесу необхідно генерувати теплову енергію. Для цього використовуються спалювання паливних матеріалів, під час згоряння яких виділяються речовини різного хімічного складу.

Якщо виготовлення паливних брикетів відбувається у виробничому процесі з виготовлення продукції з деревини, то для спалювання, під час генерування теплової енергії використовують відходи деревини від її оброки. Це покращує фінансовий стан виготовлення паливних брикетів. Якщо технологічний процес з виготовлення паливних брикетів відбувається окремо від виробничого процесу з виготовлення продукції із деревини, то для генерування теплової енергії необхідно використовувати інші види палива. Це може бути або кам'яне вугілля, а природній газ. Це підвищить собівартість паливних брикетів, оскільки, та можливо призведе до більшого забруднення довкілля

У табл. 3.1 наведено хімічний склад речовин у димових газах, які виділяються під час згоряння палива.

## Хімічний склад речовин у димових газах

Позначення	Найменування	Формула, джерело	Од. вимір.	Вихідні дані та результати розрахунку	
				№49	№50
–	Номер джерела викиду	–	–	–	–
–	Назва джерела викиду	вихідні дані	–	Свіча стр. газу з ГРП №1	Свіча стр. газу з ГРП №2
$F_c$	Площа сідловини клапана	РД 51-0220570-2-93	м <sup>2</sup>	0,0019625	0,0019625
$\rho$	Густина газу	вихідні дані	кг/м <sup>3</sup>	0,7294	0,7294
P	Робочий тиск в апараті	вихідні дані	МПа	0,6	0,6
T	Температура газу перед клапаном	вихідні дані	К	280,03	280,03
Z	Коефіцієнт стисливості газу		–	0,979	0,979
K	Коефіцієнт витрати клапана		–	0,6	0,6
t	Час перевірки запобіжних клапанів	вихідні дані	с	1	1
$V_{г}$	Об'єм газу на перевірку запобіжних клапанів	$37,3 \cdot 1000 \cdot F \cdot t \cdot P \cdot \sqrt{Z} / (T) \cdot K$	м <sup>3</sup>	1,558	1,558
V	Об'ємна витрата газу приведена до 20-хв інтервалу	$V_{г}/1200$	м <sup>3</sup> /с	0,0013	0,0013
m	Кількість запобіжних клапанів	вихідні дані	шт.	1	1
n	Кількість операцій за рік	вихідні дані	шт.	100	100
$G_{max}$	Максимальний викид приведений до 20-хв інтервалу осереднення	$V \cdot t \cdot 1000$	г/с	0,9482	0,9482
$G_{рік}$	Валовий викид	$V_{г} \cdot t \cdot n \cdot m / 1000$	т/рік	0,11364	0,11364

Підсумовуючи необхідно сказати, що під час виготовлення паливних брикетів суттєвого забруднення довкілля не відбувається. Можливе забруднення довкілля, а саме атмосферного повітря, від подрібнення кускових відходів та під час пресування подрібненої деревини. Щодо забруднення ґрунту та ґрунтових вод то воно можливе під час неправильного зберігання сировини у вигляді кускових відходів. Найбільшу небезпеку при виготовленні паливних брикетів становить використання як сировини відходів недеревинного походження, або інші матеріали.

### 3.3. Висновки з розділу

Підсумовуючи третій розділ магістерської роботи необхідно зробити наступні висновки:

1. Технологічний процес із виготовленням паливних брикетів вимагає уваги щодо захисту довкілля, оскільки включає певні технологічні операції, а саме

зберіганні відходів, їх подрібнення, сушіння та пресування, тощо. Дані процеси вимагають уваги, оскільки при неправильних підходах щодо зберігання відходів, та під час технологічного процесу їх виготовлення або недотримання вимог режимних параметрів технологічного процесу при їх виготовленні, може призводити до забруднення атмосферного повітря, ґрунтів та ґрунтових вод. Забруднення може бути різної складності в залежності від використаної сировини для виготовлення паливних брикетів.

2. Під час виготовлення паливних брикетів суттєвого забруднення довкілля не відбувається. Можливе забруднення довкілля, а саме атмосферного повітря, від подрібнення кускових відходів та під час пресування подрібненої деревини. Щодо забруднення ґрунту та ґрунтових вод то воно можливе під час неправильного зберігання сировини у вигляді кускових відходів. Найбільшу небезпек при виготовленні паливних брикетів становить використання як сировини відходів плитних матеріалів, або з інших композиційних матеріалів.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

#### 4.1. Технологічні рішення щодо зменшення шкідливих викидів у технологічному процесі з виготовлення паливних брикетів

Технологічний процес з виготовлення паливних брикетів включає технологічні процеси, які забруднюють довкілля. Дані процеси по різному забруднюють довкілля. Тому необхідно запропонувати технологічні рішення, які зменшать забруднення довкілля.

Щодо зберігання сировини у вигляді кускових відходів, деревини, стружки, деревного пилу, відходів плитних матеріалів, тощо, то для цього необхідно мати склад сировини, який відповідає вимогам зберігання. А саме, склад зберігання сировини повинен бути забетонований, огорожений та накритий від прямого попадання дощу та снігу.

На рис. 4.1 наведено склад для зберігання відходів деревини, які можуть бути використанні для виготовлення паливних брикетів.



Рис. 4.1. Склад для зберігання відходів деревини.

Таке зберігання відходів деревини забезпечить отримання якісної продукції та забезпечить докільню належні екологічні умови.

Як було сказано вище, подрібнення деревини супроводжується утворення дрібнодисперсного пилу, який забруднює докільля та негативно впливає на здоров'я людини, особливо на легені. Тому для покращення екологічної ситуації, під час подрібнення деревини необхідно забезпечити належну вентиляційну систему та відповідну систему очищення забрудненого повітря від дрібнодисперсних дерев'яних частинок.

На рис. 4.2. наведено дільниця із подрібнення деревини.



Рис. 4.2. Дільниця із подрібнення деревини.

Для даної дільниці необхідно забезпечити належну вентиляційну систему, оскільки під час подрібнення утворюються значна частина деревинного пилу. Вентиляційна система повинна забезпечити вловлювання дрібнодисперсного порошу та видалити його за межі дільниці, а саме у накопичувач відходів. Для цього необхідно встановити циклон, принцип дії якого побудований на відцентрових силах, за допомогою яких відбувається осідання дрібнодисперсних частинок на стінках циклону, з подальшим їх осіданням у відповідний відстійника. Із відстійника відходи у вигляді пилу та інших дрібнодисперсних

частинок вивантажуються і можуть бути використанні для повторної обробки для виготовлення паливних брикетів.

На рис. 4.3. наведено вентиляційну систему для дрібнодисперсних частинок під час подрібнення деревини.



Рис. 4.3. Вентиляційна система при виготовленні паливних брикетів.

Щодо технологічних рішень із зменшення кількості шкідливих викидів під час сушіння подрібненої деревини. Як зазначалося у розділі 3, технологічний процес сушіння подрібнених частино відбувається за допомогою теплового генератора. Для сушіння використовується тепле повітря, яке нагрівається за допомогою електричного нагрівача. Дана технологічна операція може забруднювати довкілля випарами, які утворюються під час випаровування вологи із подрібнених частинок. Водяна пара яка утворюється під час випаровування може містити випали смол природнього складу, які мають специфічний запах. Такі випари можуть бути небезпечними для працівників, які працюють у даному виробничому процесі, і мають алергію на такого роду випари.

Дещо інші викиди будуть відбуватися при сушінні різного роду плитних матеріалів, які можуть використовуються для виготовлення паливних брикетів. Така подрібнена деревина може виділяти різного роду токсичні речовини у вигляді фенолу, формальдегіду або інших хімічних сполук які можуть міститися

у клейових матеріалах. Але зазвичай такі матеріали для виготовлення паливних брикетів на використовують.

Викиди під час технологічного процесу пресування, при виготовленні паливних брикетів можуть відбуватися у вигляді випарів лігніну або інших випарі за високих температур. Тому для запобігання концентрації випалів на робочому місці необхідно встановлювати вентиляційну систему, яка дозволить дані випари виводити із зони їх концентрації.

На рис. 4.4. наведено ділянку для пресування паливних брикетів та відповідною вентиляційною системою, яка дозволить забезпечити очищення повітря.



Рис. 4.4. Вентиляційна система під час пресування паливних брикетів.

Окрім того для зменшення забруднення довкілля, а саме атмосферного повітря території навколо технологічного процесу із виготовлення паливних брикетів, необхідно встановити очисні установки для його очищення. Для цього можна використати циклони із вмонтованими рукавними фільтрами, які дозволять очистити атмосферне повітря від надлишку парів від пресування паливних брикетів. Фільтри для очищення забрудненого повітря у вигляді випарів дрібнодисперсних частинок можуть бути виготовленні із різних

матеріалів. Ми пропонуємо використати фільтри на тканинній основі, які можуть вловлювати такі частинки.

На рис 4.5. наведено схематичне зображення фільтра для очистки забрудненого повітря на тканинній основі.

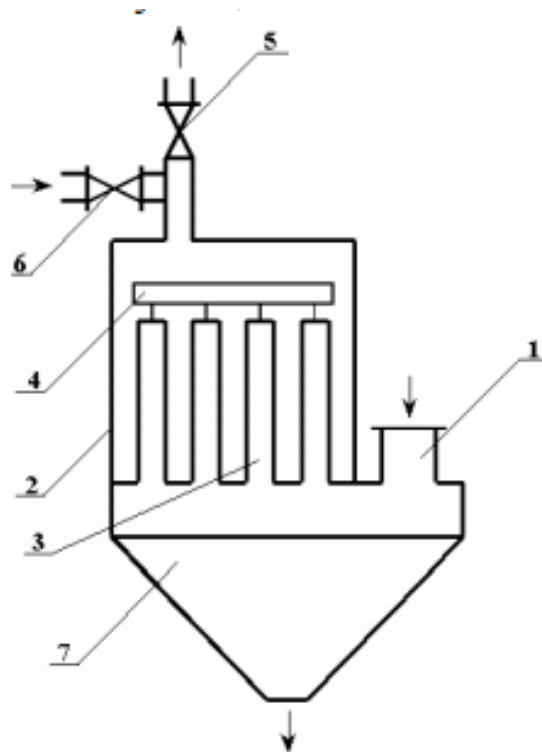


Рис. 4.5. Рукавний фільтр.

1 – вхідна труба, 2 – корпус, 3 – мішки з тканини, 4 – пристрій для струшування пилу, 5 – вихідна труба, 6 – клапан подачі стислого повітря, 7 – накопичення пилу.

Принцип роботи рукавного фільтра включає процес з очищення забрудненого повітря, тобто його проходження під пилком через тканинні рукава, які не можуть пропускати дрібнодисперсні частинки малих розмірів. А саме, забруднене повітря потрапляє у циклон із рукавними фільтрами через вхідну трубу і попадає у корпус із мішками із тканини. Забруднене повітря подається під тиском, який створюється за допомогою вентилятора, який приводиться у рух за допомогою електродвигуна. Дрібнодисперсні частинки, які були у забрудненого повітря залишаються у тканинному рукаві, а очищене повітря проходить через мішок та виходить через вихідну трубу.

Дрібнодисперсні частинки залишаються у тканинному мішку. Після цього за допомогою пристрою для струшування пилу осідають на низ, а звідси вивантажується і йде за призначенням.

Наступною операцією при виготовленні паливних брикетів є їх пакування. На даній технологічній операції забруднення атмосферного повітря практично не відбувається.

Підсумовуючи даний розділ магістерської роботи необхідно відзначити, що технологічний процес з виготовлення паливних брикетів не відноситься до екологічно небезпечних процесів. Разом з тим у даному технологічному процесі відбувається забрудненні довкілля. Тому нами прийнято рішення щодо зменшення шкідливих викидів даний технологічний процес забезпечити вентиляційною системою для очищення забрудненого повітря під час подрібнення відходів деревини, сушінні подрібненої деревини та під час пресування подрібненої деревини у паливні брикети. Для цього пропонується встановити витяжну систему із циклонами, де вмонтовані тканинні рукавні фільтри. А зберігання відходів деревини забезпечити відповідною площадкою, яка має відповідати вимогам для зберігання деревини. Це не дозволить забруднювати ґрунтовий покрив та ґрунтові води.

#### **4.2. Технологічні рішення щодо зменшення шкідливих викидів у виробничому процесі з виготовлення паливних брикетів**

Щодо виробничого процесу, який описано у розд. 2, необхідно також прийняти певні технологічні рішення щодо зменшення забруднення довкілля при виготовленні паливних брикетів. Для забезпечення функціонування технологічного процесу необхідно його забезпечити електричною та тепловою енергією. Щодо електричної енергії, то виробничий процес забезпечується електроенергією від загальної мережі постачання електроенергії. На випадок відімкнення електроенергії, у зв'язку із воєнними діями, які особливо сьогодні актуальні для виробничих процесів, необхідно забезпечити потужними

генераторами. Дані генератори працюють на бензині або дизельному паливі. Тому запроваджувати технологічні рішення немає потреби.

Щодо генерування теплової енергії, то для цього можна використати відходи від обробки деревини, паливні брикети, які виготовляє даний технологічний процес, за необхідності кам'яне вугілля або природній газ. Ми рекомендуємо для генерування теплової енергії для виробничого процесу із виготовлення паливних брикетів використовувати відходи від обробки деревини, оскільки це найдешевше паливо і екологічне. Для цього пропонується використовувати твердопаливні котли.

На рис. 4.6 наведено принци роботи твердопаливного котла.

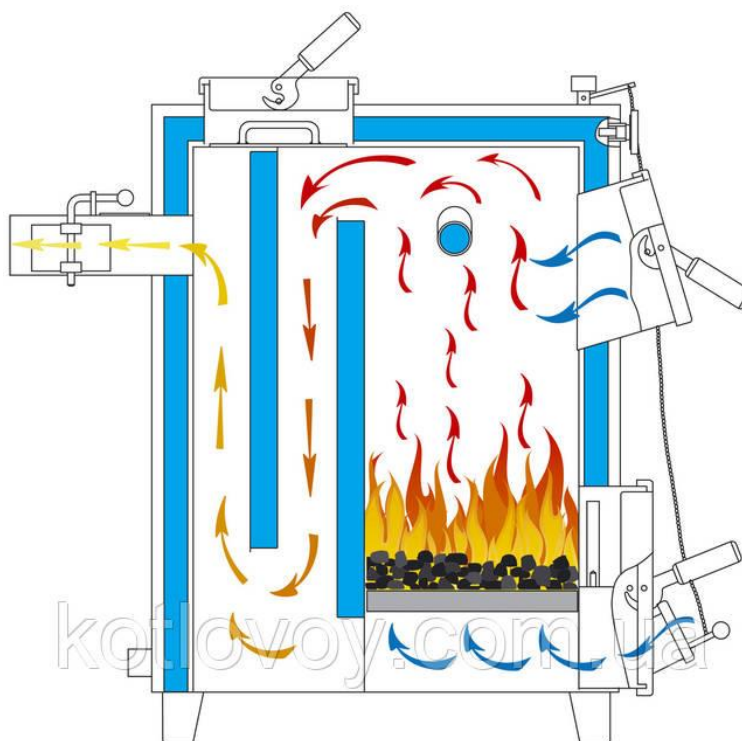


Рис. 4.6. Принцип роботи твердопаливного котла.

Для твердопаливних котлів, які працюють на відходах деревини встановлювати системи очищення димових газів не потрібно, оскільки при згорянні деревини виділяє вуглекислий газ, який очищати не потрібно. Тому приймати технологічні рішення щодо виробничого процесу із виготовлення паливних брикетів не потрібно.

Підсумовуючи даний розділ магістерської роботи можна робити наступні висновки, що виробничий процес з виготовлення паливних брикетів, вимагає

його забезпечення електричною та тепловою енергією. Електрична енергія постачається від загальних електромереж України. Теплова енергія генерується за допомогою твердопаливних котлів, для генерування енергії використовують відходи деревини, яку отримують від обробки деревини. Оскільки при згорянні деревини забруднення атмосферного повітря буде відбуватися вуглекислим газом, то встановлювати установки для очищення димових газів на сьогодні не потрібно.

### **4.3. Висновки з розділу**

За результатами даного розділу зроблені висновки:

1. Технологічний процес з виготовлення паливних брикетів не відноситься до екологічно небезпечних процесів. Разом з тим у даному технологічному процесі відбувається забрудненні довкілля. Тому нами прийнято рішення щодо зменшення шкідливих викидів даний технологічний процес забезпечити вентиляційною системою для очищення забрудненого повітря під час подрібнення відходів деревини, сушінні подрібненої деревини та під час пресування подрібненої деревини у паливні брикети. Для цього пропонується встановити витяжну систему із циклонами, де вмонтовані тканинні рукавні фільтри. А зберігання відходів деревини забезпечити відповідною площадкою, яка має відповідати вимогам для зберігання деревини. Це не дозволить забруднювати ґрунтовий покрив та ґрунтові води.

2. Виробничий процес з виготовлення паливних брикетів, вимагає його забезпечення електричною та тепловою енергією. Електрична енергія постачається від загальних електромереж України. Теплова енергія генерується за допомогою твердопаливних котлів, для генерування енергії використовують відходи деревини, яку отримують від обробки деревини. Оскільки при згорянні деревини забруднення атмосферного повітря буде відбуватися вуглекислим газом, то встановлювати установки для очищення димових газів на сьогодні не потрібно.

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Безпека праці при виготовленні паливних брикетів

Робота у цеху при виготовленні паливних брикетів вимагає загальної безпеки праці, такої самої як при роботі із технологічним обладнанням із виготовлення продукції із деревини. На особливу увагу заслуговує технологічний процес із подрібнення деревини, сушінні подрібненої деревини та пресуванні паливних брикетів. Проаналізуємо поетапно технологічний процес з виготовлення паливних брикетів з точки зору безпеки праці.

Назагал безпека праці при роботі з устаткуванням при виготовленні паливних брикетів відповідають умова при роботі із технологічним устаткуванням. Тобто із механізмами які обертаються, створюють шум, забруднюють навколишнє середовище, тощо. Тому, кожний працівник, який працює на технологічному обладнанні при виготовленні паливних брикетів має мати відповідний дозвіл на роботу із таким технологічним обладнанням та регулярно проходити інструктажі з техніки безпеки при роботі на відповідному устаткуванні.

При роботі із відходами деревини, які використовують як сировину для виготовлення паливних брикетів, що продукуються від час механічної обробки деревини, необхідно забезпечити працівників відповідним одягом. А саме костюмом, рукавицями та взуттям. Ці засоби захисту необхідні для того, що запобігти пошкодженню частин тіла працівників, а саме рук, лиця, тощо. Окрім того, для таких працівників необхідно провести інструктаж із техніки безпеки щодо роботи із різного роду транспортними засобами, які будуть задіяні до в даному технологічному процесі. Для роботи транспортних засобів необхідно забезпечити безперешкодний рух автомобільного та електротранспорту по території підприємства.

Щодо роботи на устаткуванні при подрібненні деревини, то також необхідно дотримуватись правил техніки безпеки при роботі на такому типу обладнання. Небезпека від такого обладнання може виникати під час роботи

дробарки для подрібнення деревини. Тому, під час роботи на устаткуванні із подрібненням деревини необхідно щоб було б огороження для всіх рухомих механізмів. Окрім того, під час подрібнення деревини дробаркою є небезпека викидання як кускових відходів, так і подрібненої деревини за зону її подрібнення. Тому, працівники, які працюють на такому типі обладнання повинні бути повідомленні про можливість таких випадків. Разом з тим, небезпечні зони при подрібненні деревини повинні бути закритими та огороженні. Працівники повинні бути забезпеченні відповідними засобами захисту від кусків деревини. Для цього необхідно, щоб працівники мали захисні каски із прозорим елементом захисту обличчя, або окулярами. Також необхідно забезпечити працівників і відповідним костюмом для захисту інших частин тіла.

На рис.5.1 наведено засоби захисту при роботі із відходами деревообробних виробництв, в тому числі і при виготовленні паливних брикетів.



Рис. 5.1. Засоби захисту при роботі із відходами деревообробних виробництв.

Працівники, які працюють на устаткуванні для сушіння деревини, повинні бути проінформовані про можливу небезпеку та пройти інструктаж із техніки безпеки при роботі із сушильним устаткуванням.

Особливу небезпеку становить те, що даний технологічний процес відбувається за високих температур. При сушінні подрібненої деревини температура сушіння може сягати 100°C. Окрім того сушіння подрібненої деревини відбувається за допомогою сушарки барабанного типу. За допомогою даної сушарки процес сушіння відбувається у прохідному типі і обертовим рухом сушарки. Тому, все це необхідно враховувати працівникам при роботі із таким обладнанням.

Працівники повинні бути проінструктовані та пройти відповідні навчання із роботою на такому типі обладнання. Інструктаж проводиться як загальний так і безпосередньо на робочому місці.

Окрім того, працівники які працюють на даному типі обладнання повинні мати відповідні засоби захисту від високотемпературних режимів роботи. Для цього кожний працівник повинен мати відповідну форм одягу, засоби захисту рук та обличчя. Працівники, які мають безпосереднє відношення до роботи в зоні високих температур, повинні бути забезпечені вогнестійкими засобами захисту рук та обличчя. Засоби захисту повинні бути аналогічними як показано на рис. 5.1. із врахуванням роботи зі високотемпературними режимами роботи сушарки.

Щодо роботи під час пресування паливних брикетів, то працівники також повинні дотримуватися вимог техніки безпеки на даному технологічному обладнанні, з використанням індивідуальних засобів захисту частин тіла людини. В першу чергу це одяг, засоби захисту рук та лиця.

На складі готової продукції також необхідно дотримуватися умов безпеки праці, оскільки існує небезпека під час складування готової продукції та під час руху транспорту по території складу.

Щодо загального технологічного процесу з виготовлення паливних брикетів, то всі працівники повинні дотримуватись правил техніки безпеки при роботі із технологічним обладнанням яке використовується для виготовлення паливних брикетів. Всі працівники повинні пройти інструктаж із техніки безпеки, медичний огляд і мати довідку щодо стану здоров'я. Також працівники

повинні слідкувати за гігієною свого робочого місця та гігієною по відношенню до самого себе.

Для відпочинку працівників повинні використовуватися спеціально облаштовані приміщення, які обладнані відповідними умовами для відпочинку. Приймання їжі повинно відбуватися у спеціально відведених для цього місць із всіма необхідними для цього умовами.

Також мають бути облаштовані санітарні вузи із умивальниками і унітазами та холодною та гарячою водою. Все повинно відповідати санітарним вимогам та нормам згідно нормативної бази.

Також повинні бути спеціально відведені місця для куріння та відпочинку під час коротких перерв, які надаються працівникам під час робочого дня. У літній період необхідно забезпечити працівників прохолодним місцем для відпочинку.

## **5.2. Пожежна безпека при виготовленні паливних брикетів**

Пожежна безпека при виготовленні паливних брикетів має важливе значення, оскільки технологічний процес включає високотемпературні режими роботи обладнання. Окрім того для пресування паливних брикетів використовуються дрібнодисперсні частинки, які є швидко займисті, а в деяких випадках, таких як деревинний пил і вибухонебезпечні. Тому все це вказує на підвищений рівень небезпеки при виготовленні паливних брикетів. Тому необхідно забезпечити всі умови протипожежної безпеки.

Для цього на кожному робочому місці повинен бути порошковий вогнегасник. Окрім того, на кожній ділянці із виготовлення паливних брикетів повинні бути первинні засоби гасіння пожежі. Для цього використовуються відповідні пожежні щити, які вміщують перші необхідні засоби, для гасіння пожежі. Для прикладу на рис. 5.2 наведено пожежний щит із необхідними засобами захисту пожежі.



Рис. 5.2. Пожежний щит.

Як бачимо пожежний щит облаштований першими необхідними засобами гасіння пожежі.

Окрім того необхідно щоб у цеху були евакуаційні виходи, які повинні бути позначені стрілками та мати відповідні написи щодо евакуації працівників на випадок пожежі.

У сучасних умовах виробництва, коли в Україні війна необхідно забезпечити працівників цеху укриттям із всіма необхідними для цього умовами. Укриття повинні відповідати вимога щодо безпечного перебування працівників. Мають бути запасні виходи. Також укриття повинно бути розраховано на максимальний термін перебування працівників на випадок тривоги із масивними атаками різного типу озброєння.

На території виробничого процесу необхідно щоб була б водойма та гідранти для гасіння пожежі. Вони повинні бути розраховані на відповідний об'єм води, якщо у випадку пожежі щоб загасити її.

Підсумовуючи розділ з безпеки праці при виготовленні паливних брикетів необхідно відзначити, що даний технологічний процес повинен проводитись у відповідності із вимогами, щодо безпечної роботи працівників та пожежної безпеки. Працівники повинні бути забезпечені необхідними засобами захисту під час роботи та проходити відповідні інструктажі із

техніки безпеки. Також повинні бути дотримані всі необхідні протипожежні вимоги при роботі з виготовлення паливних брикетів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виходячи із проведеного аналізу та досліджень у моїй магістерській роботі можна зробити наступні висновки:

1. Паливні брикети це заміна для викопного палива, яке використовується для генерування теплової енергії для промислових та побутових потреб. Дане паливо за якістю згоряння та калорійністю є кращим ніж паливо із масивної деревини. Разом з тим, технологічний процес виготовлення паливних брикетів не відповідає екологічним вимогам на відміну від самих паливних брикетів, які піддаються спалюванню. Тому, необхідні подальші дослідження щодо запровадження технологічних рішень для покращення екологічної безпеки з виготовлення паливних брикетів.

2. Технологічний процес з виготовлення паливних брикетів має свою специфіку, яка включає певні технологічні операції із переробки відходів деревини. Основними технологічними операціями при виготовленні паливних брикетів є подрібнення деревини на дрібнодисперсні частинки, їх сушіння до певної вологості та пресування у брикети відповідної форми та розмірів. Форма та розміри паливних брикетів забезпечує добру якість їх горіння та теплотворну здатність. Весь технологічний процес виготовлення паливних брикетів вимагає певних енергетичних затрат на подрібнення та сушіння деревини.

3. Технологічний процес з виготовлення паливних брикетів більш раціонально використовувати на деревообробних підприємствах, які мають великі запаси відходів від виробництва продукції із деревини. Це дозволяє економити кошти на придбання сировини для паливних брикетів та раціонально використовувати відходи деревообробних виробництв. Сьогодні важливо, щоб кількість вуглекислого газу при спалюванні палива була не високою. Тобто кількість вуглекислого газу, що виділяється при згорянні палива повинна бути не високою.

4. Технологічний процес із виготовленням паливних брикетів вимагає уваги щодо захисту довкілля, оскільки включає технологічні операції, які можуть

забруднювати довкілля, а саме зберіганні відходів, їх подрібнення, сушіння та пресування, тощо. Дані процеси вимагають уваги, оскільки при неправильних підходах щодо зберігання відходів, та під час технологічного процесу їх виготовлення або недотримання вимог режимних параметрів технологічного процесу їх виготовленні, може призводити до забруднення атмосферного повітря, ґрунтів та ґрунтових вод. Забруднення може бути різної складності в залежності від використаної сировини для виготовлення паливних брикетів.

5. Під час виготовлення паливних брикетів суттєвого забруднення довкілля не відбувається. Можливе атмосферного повітря, від подрібнення кускових відходів та під час пресування подрібненої деревини. Щодо забруднення ґрунту та ґрунтових вод то воно можливе під час неправильного зберігання сировини у вигляді кускових відходів. Найбільшу небезпек при виготовленні паливних брикетів становить використання, як сировини відходів із вмістом шкідливих або токсичних речовин.

6. Для зменшення шкідливих викидів при виготовленні паливних брикетів прийнято технологічне рішення щодо зменшення шкідливих викидів, а саме технологічний процес забезпечити вентиляційною системою для очищення забрудненого повітря під час подрібнення відходів деревини, сушінні подрібненої деревини та під час пресування подрібненої деревини у паливні брикети. Для цього пропонується встановити витяжну систему із циклонами, де вмонтовані тканинні рукавні фільтри. Зберігання відходів деревини забезпечити площадкою, яка має відповідати вимогам для зберігання деревини. Це не дозволить забруднювати ґрунтовий покрив та ґрунтові води.

7. Виробничий процес з виготовлення паливних брикетів, вимагає продукування електричної та теплової енергією. Електрична енергія постачається від загальних електромереж України. Теплова енергія генерується за допомогою твердопаливних котлів, Для генерування енергії використовують відходи із деревини, яку отримують від її обробки. Оскільки при згорянні деревини забруднення атмосферного повітря буде відбуватися вуглекислим

газом, то встановлювати установки для очищення димових газів на сьогодні не потрібно.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.М. Сторожук, О.В. Мельников, Б.Я. Кшивецький, Г.В. Сомар, І.А. Соколовський, О.М. Маєвська. Технології захисту навколишнього середовища. Поводження з відходами. Підручник. М-во освіти і науки України. Нац. лісотехн. ун-т України. – К. Вид. дім «Професіонал» 2023.–354 с. ISBN978-966-570-837-7.
2. Промислова екологія: Навчальний посібник / С. О. Апостолюк, В. С. Джигирей та ін. – К.: Знання, 2005. – 268 с.
3. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води: Навчальний посібник. За ред. В.К. Хільчевського. К.: Видавничополіграфічний центр «Київський університет», 2007. 152 с.
4. Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.
5. Кшивецький Б.Я. Міцність та довговічність термопластичних клейових з'єднань деревини: монографія. /Б.Я. Кшивецький, І.Й. Тивунька. – Львів: ТзОВ Галицька видавнича спілка,, 2018. – 188 с. [122] іл. [19] табл. – Бібліограф. с. 209 (268 назв) – ISBN 978-617-7363-76-6.
6. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Апостолюк А.С., Соколовський І.А., Сомар Г.В. Промислова екологія: Навч. посібник. К.: Знання, 2005. 474 с.
7. Кіндзера Д.П. Сушіння паливних матеріалів різнодисперсного складу у щільному шарі : дис. ... канд. техн. наук / Д.П. Кіндзера. – Львів; 2003. – 180 с. 16.
8. Кіндзера Д.П. Зернистий матеріал. Гідродинаміка полідисперсного шару / Д.П. Кіндзера, Я.М. Ханік, В.М. Атаманюк // Хімічна промисловість України : наук.-виробн. журнал. – К., 2002. – № 6. – С. 38-42.
9. Разанов С.Ф., Вітер Н.Г., Ткачук О.П. Екологічна та техногенна безпека. Навчальний посібник для вивчення дисципліни. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2013. 125 с.

10. Кшивецький Б.Я., Сторожук В.М., Маєвська О.М., Соколовський І.А., Гайда С.В. Методичні рекомендації для підготовки магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Львів: НЛТУ України, 2023. – 44 с.
11. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 1 Захист атмосфери: підручник – Херсон. : Олді-плюс, 2019. – 432 с.
12. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2 Методи очищення стічних вод – Херсон. : Олді-плюс, 2019. – 298 с.
13. Кіндзера Д.П. Сушіння у щільному шарі як метод інтенсифікації і енергозбереження / Д.П. Кіндзера, Я.М. Ханик, В.М. Атаманюк // Енергоефективність – 2002 : матер. Міжнар. наук.- техн. конф., 29-30 жовтня. – Київ. – С. 93..
14. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології. Теорія та практикум: Навчальний посібник. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
15. Погребенник В.Д. Оперативне вимірювання інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів. Монографія. – Львів: СПОЛОМ, 2011.2. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. – Львів: Новий світ. – 2004.
16. Теверовський Б.З. Розрахунки пристроїв для очистки промислових газів від пилу. Навч. посібник. – НМК ВО, 1991.
17. Організаційні та еколого-економічні засади використання відновлюваних енергоресурсів: монографія / А. В. Прокіп, В. С. Дудюк, Р. Б. Колісник ; [за заг. ред. А. В. Прокіпа]. — Львів: ЗУКЦ, 2015. — 338 с. 2. Д'яконов В. І. Ресурсний потенціал та перспективи використання енергії біомаси для газифікованих двигунів / В. І. Д'яконов, О. В. Богомолів, В. П. Богомоліва, О. В. Д'яконов та ін. // Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Серія : Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв — Харків : ХНТУСГ ім.П. Василенка, 2011.

18. В. І. Савуляк, О. В. Березюк, В. П. Пурдик, та С. П. Білошицький, «Експериментальне визначення необхідних умов і параметрів процесу та приводу пресування паливних брикетів з відходів деревини,» Вісник Вінницького політехнічного інституту, № 5, с. 96-99, 2010.

19. В. П. Пурдик, «Обґрунтування основних експлуатаційних параметрів обладнання для виробництва паливних брикетів. Тези доповідей,» на 12-му Міжнародному симпозиумі українських інженерів-механіків у Львові. Львів: 28-29 травня 2015, с. 73-74.

20. <https://saf.org.ua/news/842/>

21. <https://www.machineseeker.com.ua/special+built-special/i-17646883?srsId=AfmBOooAFFBO7aUgcPRT7rkWHE8maqrHb6X9WvVyLZ-WLQvoE6bI1qWY>

22. <http://greenpower.com.ua/clients/articles/2017-04-11-11-22-58/>

23. <https://rmpbio.ua/novini/novini-kompanii/virobnictvo-palivnih-briket%D1%96v-yak-vrahuvati-nyuansi>

24. <https://dspace.nuft.edu.ua/items/f789d55f-ce14-4265-8222-703fe632337a>

25. <https://briq-tech.com/article/pererobka-derevyny>

26. Вінтонів І.С., Сопушинський І. М., Тайшінгер А. Деревинознавство: навч. посіб:2-е вид., доповн. Львів: Априорі. 2007. 321 с.

27. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини: підручник. Львів: ТзОВ «Країна ангелят», 2010. 305 с