

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

Тема роботи: Екологічно безпечна технологія переробки
відходів лісового господарства в енергетичних цілях

Виконав:
студент Курдес Єгор
Юрійович

Керівник:
старший викладач Батальцев Є.В.

Залікова книжка
№ 22510229

Підпис: _____
дата, підпис

Підпис: _____

Консультант з охорони праці:
старший викладач Фалько В.В.

Підпис: _____
дата, підпис

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Секретар ЕК
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природоохоронних технологій
Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА
Курдеса Єгора Юрійовича

1. Тема проекту (роботи) «Екологічно безпечна технологія переробки відходів лісового господарства в енергетичних цілях» затверджена наказом по університету від “21” листопада 2023 р. № 1315-VI.
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) – 25 грудня 2023 року.
3. Вихідні дані до проекту (роботи): патентна база щодо методів переробки відходів лісового господарства; якісний склад відходів лісового господарства.
4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
 - склад відходів лісового господарства;
 - способи переробки відходів лісового господарства та їх вплив на навколишнє середовище;
 - робота з інформаційними базами даних для удосконалення технології переробки відходів лісового господарства в енергетичних цілях;
 - аналіз економічної ефективності використання паливних брикетів, отриманих з відходів лісового господарства.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень):
апаратно-технологічна схема виробництва паливних гранул; таблиця середнього хімічного складу різних видів деревини; таблиця результатів вимірювання емісії шкідливих речовин при спалюванні деревини; схема процесу виготовлення пелет та брикетів; порівняльна таблиця витрат на опалення цеху.

5. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Фалько В.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	Вересень 2023 р.	
2	Аналіз відходів лісового господарства та їх характеристика	Жовтень 2023 р.	
3	Огляд сучасного стану технологій з переробки відходів лісового господарства	Жовтень 2023 р.	
4	Аналіз екологічно безпечної технології переробки відходів лісового господарства з отриманням енергетичного продукту	Листопад 2023 р.	
5	Оцінка економічної ефективності запропонованої технології	Листопад 2023 р.	
6	Робота над розділом «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	Грудень 2023 р.	
7	Оформлення роботи	Грудень 2023 р.	

6. Дата видачі завдання 25.09.2023 року

Студент _____

Є. Ю. Курдес

Керівник проекту _____

Є. В. Батальцев

РЕФЕРАТ

Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 28 найменувань. Загальний обсяг магістерської роботи становить 58 аркушів, у тому числі 5 таблиць, 6 рисунків, 1 блок-схема та список джерел посилань 4 сторінки.

Мета роботи. Мета роботи полягає в підвищенні ступеня екологічної безпеки за допомогою впровадження раціональної комплексної системи поводження із відходами лісового господарства з отриманням енергетичного продукту.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- визначити склад та об'єми деревних відходів в Україні;
 - проаналізувати хімічні властивості деревних відходів;
 - проаналізувати технологію виробництва паливних брикетів та пелет, як раціональну комплексну систему поводження із відходами деревини, з метою отримання енергії.
- провести аналіз переваг та недоліків технології переробки відходів лісового господарства та оцінити її економічну ефективність.

Об'єктом дослідження є зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище від лісового господарства.

Предметом дослідження є технологія перероблення відходів лісового господарства з отриманням паливних брикетів та пелет.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є метод наукового пізнання, системний підхід до вивчення проблеми ефективної переробки відходів лісового господарства.

У роботі було використано метод наукового пізнання, системний підхід, порівняльний метод, структурний аналіз.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ, ПАЛИВНІ БРИКЕТИ, ПЕЛЕТИ, ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО, ЕНЕРГЕТИЧНІ ЦІЛІ.

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
Розділ 1 Характеристика відходів лісового господарства	7
1.1 Сучасний стан проблеми утворення відходів лісового господарств.....	7
1.2 Хімічні властивості відходів деревини.....	9
1.3 Перспективи переробки відходів лісового господарства	12
1.3.1 Відходи лісозаготівель як енергетична перевага.....	13
1.3.2 Відходи промислової обробки деревини та їх енергетичний потенціал.....	14
1.4 Обсяг утворення деревних відходів.....	15
Розділ 2 Сучасний стан переробки відходів лісового господарства.....	19
Розділ 3 Екологічно безпечна технологія переробки відходів лісового господарства з отриманням енергії.....	22
3.1 Технологія виробництва деревних паливних гранул.....	22
3.2 Екологічна характеристика етапів виробництва деревних паливних гранул..	27
3.3 Технологія отримання паливних брикетів з відходів лісового господарства...33	33
Розділ 4 Економічні переваги використання відходів деревини в енергетичних цілях.....	42
Розділ 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	48
5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів у лісовому господарстві.....	48
5.2 Види лісових пожеж та правила безпеки під час пожеж у лісах.....	49
Висновки.....	53
Перелік джерел посилання.....	55

Підп. і дата
Інв.№ДУБЛ.
Взаєм.інв.
Підп. і дата
Інв.№ГОДЛ.

ТС- 22510229

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат				
Розроб.	Курдес				Екологічно безпечна технологія переробки відходів лісового господарства в енергетичних цілях	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Батальцев						4	58
Н.Контр	Батальцев					СумДУ, ф-т ТеСЕТ		
Затв.	Пляцук					гр. ТС.м-21		

ВСТУП

Актуальність теми дослідження полягає в тому, що деревина займає особливе місце серед природних ресурсів Землі. Сьогодні ліси інтенсивно експлуатуються людством в енергетичних цілях, що призводить до серйозних негативних наслідків.

Використання деревної біомаси набуває особливого значення, оскільки світові енергетичні ресурси стають все більш дефіцитними. Задоволення енергетичних потреб людства є одним з найбільших викликів третього тисячоліття. Виробництво деревних пелет – це альтернативна технологія, яка може подолати всі ці виклики. Сьогодні опалення пелетами обходиться на 60 % дешевше, ніж нафтою, і на 40% дешевше, ніж електроенергією. Пелети дешевші за паливо, що викопується та є відновлювальним джерелом енергії: 100 000 кубометрів відходів деревини можуть замінити близько 18 000 000 000 літрів традиційного викопного палива.

Серед біомаси органічного походження деревина має широке застосування. Деревина в основному складається з целюлози, лігніну, смоли та певної кількості води. Якщо розкласти деревину на основні енергетичні елементи, то вуглець становить близько 50 відсотків, водень - близько 6 відсотків, а кисень - близько 44 відсотків. Її теплотворна здатність становить 14-17 МДж/кг. Наразі світові запаси деревини становлять 360-109 м³, що приблизно еквівалентно енергетичній цінності 175-109 тонн традиційного палива.

Недорогих і доступних технологій утилізації деревних відходів майже не існує. Це призводить не лише до втрат енергії, але й спричиняє низку екологічних проблем (наприклад, забруднення водних джерел та ґрунту навколо сміттєзвалищ, поширення хвороботворних мікроорганізмів тощо). Розробка та використання сучасних новітніх технологій утилізації деревних відходів може мати значний екологічний та економічний вплив на регіони України.

Підп. і АСТА	ІНВ. №ДУБЛ.	ВЗРОЄМ. ІНВ.	Підп. і АСТА	ІНВ. №ТОАМ.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	АСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк

5

Мета роботи – підвищення ступеня екологічної безпеки за допомогою впровадження раціональної комплексної системи поводження із відходами лісового господарства з отриманням енергетичного продукту.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі **завдання**:

- визначити склад та об'єми деревних відходів в Україні;
- проаналізувати хімічні властивості деревних відходів;
- проаналізувати технологію виробництва паливних брикетів та пелет, як раціональну комплексну систему поводження із відходами деревини, з метою отримання енергії.
- провести аналіз переваг та недоліків технології переробки відходів лісового господарства та оцінити її економічну ефективність.

Об'єкт дослідження – зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище від лісового господарства.

Предмет дослідження – технологія перероблення відходів лісового господарства з отриманням паливних брикетів та пелет.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є метод наукового пізнання, системний підхід до вивчення проблеми ефективної переробки відходів лісового господарства, SWOT-аналіз.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Кваліфікаційна робота виконувалася відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри екології та природоохоронних технологій СумДУ, пов'язаних з тематикою «Оцінка техногенного навантаження регіону при зміні інфраструктури промисловості» згідно з науково-технічною програмою МОН України (№ держреєстрації 0121U114478).

ІНВ.№СТОДЛ.	Підп. і дста
ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дста	Підп. і дста

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк
6

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДХОДІВ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

1.1 Сучасний стан проблеми утворення відходів лісового господарства

Процес переробки та обробки деревини в усіх галузях промисловості призводить до утворення значної кількості відходів. Від першого етапу - вирубки лісу та вивезення колод - до останнього етапу - переробки деревини - процес генерує деревні відходи, які не будуть використані в майбутньому. Кількість відходів не тільки дорівнює, але в більшості випадків перевищує загальний обсяг продукту. Наприклад, при заготівлі та вивезенні деревини з лісу близько 20 % сировини стає відходами у вигляді гілок, пнів і коріння (рис.1.1), а коли їх видаляють, ще близько 20 % стає дровами. У лісопильному виробництві частка відходів становить 35-42 %. У меблевому виробництві в середньому 53-65 % доставленої деревини є відходами. Відходи у виробництві фанери становлять 54 %, а для струганого шпону - 30-45 % [10].



Рисунок 1.1 – Кількість утворення відходів деревини протягом місяця в різних областях України

ІНВ.НЧТОАМ.	Підп. і дста
Взаєм.інв.	ІНВ.НЧДОБЛ.
Підп. і дста	Підп. і дста
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
Дста	Дста

Відходи утворені в результаті переробки сировини на підприємствах можна розділити на такі основні групи:

- Горби, обапіл і хвости
- Горбиль: відходи лісопиляння та переробки деревини (торці колод і дощок), обрізки фанерних колод, олівці, обрізки сухих заготовок і деталей, обрізки від дефектного розпилу (поздовжнього і поперечного);
- Фанера і плитка: торцеві обрізки з шпону, фанери, ДВП і ДСП;
- Стружка всіх видів від обробки заготовок і деталей на деревообробних верстатах
- Тріска і тирса всіх видів, що утворюються під час розпилювання, різання, склеювання фанери та обробки заготовок і деталей на деревообробних верстатах; Тріска, що утворюється під час шліфування деталей на верстатах та інших виробничих процесах [18].
- Фрагменти кори, що утворюються під час луцення колод на лісопилках, у фанерній та целюлозно-паперовій промисловості [3].

До цього переліку слід додати велику кількість деревних відходів, що утворюються під час виробництва меблів у численних цехах і меблевих виробництвах, які з'явилися в нашій країні останніми роками.

Всі перераховані вище відходи також можна класифікувати на господарські (великі) відходи, які ще придатні для механічної переробки в корисну продукцію на основному обладнанні деревообробних підприємств, і невиробничі (дрібні) відходи, які вимагають установки спеціальних виробничих потужностей для подальшого використання [2].

Залежно від стадії переробки деревини відходи можна поділити на такі категорії:

- Відходи лісозаготівлі: гілки, верхівки, коріння пнів, кора (частково), обрізки та неринкова деревина (дрова);
- Відходи первинної переробки деревини на лісопилках та фанерному виробництві: рейки, горбилі, обрізки, стружка, тирса, кора, обрізки, олівці;

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЕМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

- відходи меблевого виробництва: обрізки, стружка, тирса, обапіл.

Джерела деревних відходів

Відходи утворюються з наступних причин:

- Через біологічні особливості росту дерев (листя, хвоя, гілки, верхівки, пні, коріння, кора);
- Для отримання квадратного матеріалу з круглого (гірки, рейки).
- Через ріст стовбура (рейки, зрізи встик);
- Неправильна форма стовбура - яйцеподібна, зростання (щілини);
- Дефекти деревини - сучки, розколи (обрізки);
- Незавершеність технологічних процесів при обробці деревини (тирса, стружка, тріска, олівець, стружка при розкрої шпону).

1.2 Хімічні властивості відходів деревини

Деревина складається переважно з органічних речовин (99 % від загальної маси). Елементний хімічний склад деревини різних порід майже однаковий. В середньому повністю суха деревина містить 49 % вуглецю, 44 % кисню, 6 % водню і 0,1-0,3 % азоту (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Середній хімічний склад різних видів деревини [9]

Найменування	Одиниці вимірювання	Види деревини						
		Береза	Бук	Верба	Дуб	Ялина	Сосна	Тополя
Зольність	%	1,4	0,6	2,1	1,19	0,96	0,6	1,22
Вуглець, С	%	50,19	49,5	49,3	49,89	51,09	51,8	49,42
Водень, Н	%	7,49	6,26	6,6	6,01	5,54	6,1	6,0
Азот, N	%	0,49	0,1	1,1	0,17	0,12	0,3	0,23
Сірка, S	%	0,49	0,1	0,1	0,05	0,01	0,01	0,05
Кисень, O	%	39,93	43,7	40,77	42,68	41,19	41,19	43,07

ІНВ.№ТОДЛ. Підп. і дста. Взаєм.інв. ІНВ.№ДУБЛ. Підп. і дста.

ТС 22510229

Арк

9

Вип Арк № докум. Підп. Дст

При спалюванні деревини неорганічна частина залишається у вигляді попелу. Зола містить кальцій, калій, натрій, магній та інші елементи (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Результати вимірювання емісії шкідливих речовин при спалюванні деревини [1]

Речовина	Брикети з деревини (W 9,8 %)	Вугілля (W 3,3 %)	Кускова деревина (W 9,8 %)
CO, г/ГДж	1760	2990	2400
SO ₂ , г/ГДж	16	283	5
NO ₂ , г/ГДж	42	162	32
Пил, г/ГДж	39	294	116

Перераховані вище хімічні елементи складають головні органічні речовини - целюлозу, лігнін і геміцелюлозу.

Целюлоза – природний полімер, довголанцюговий полісахарид. Це дуже стійка речовина, нерозчинна у воді та звичайних органічних розчинниках (спиртах, ефірах тощо), білого кольору. Пучки макромолекул целюлози (найтонші волокна) називаються мікрофібрилами. Вони утворюють целюлозний каркас клітинної стінки. Мікрофібрили в основному орієнтовані вздовж довгої осі клітини, а між ними знаходяться лігнін, гемоцелюлоза і вода.

Лігнін - це ароматичний (поліфенольний) полімер зі складною структурою, який містить більше вуглецю і менше кисню, ніж целюлоза. Ця речовина відповідає за процес лігніфікації молодих клітинних стінок. Лігнін хімічно нестійкий, легко окислюється, взаємодіє з хлором і розчиняється при нагріванні у водних розчинах лугів, сірчаної кислоти та її кислих солей [7].

Геміцелюлоза - це група полісахаридів, що містить пентозан. На перший погляд, формула гексанів ідентична формулі целюлози. Проте всі геміцелюлози мають значно нижчий ступінь полімеризації, що коливається в межах 60-200. Це

ІНВ.№СТОДЛ.	Підп. і ДСТ
ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і ДСТ	Підп. і ДСТ

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

свідчить про те, що молекулярні ланцюги цих речовин коротші і менш стабільні, ніж у целюлози. Крім основних органічних речовин, деревина містить відносно невелику кількість екстрактивних речовин (дубильні речовини, смоли, камеді, пектинові речовини, жири тощо), які розчиняються у воді, спирті та ефірі.

Деревина використовується як сировина в трьох хімічних галузях: целюлозно-паперовій, гідролізній та лісохімічній.

Целюлозно-паперова промисловість виробляє целюлозу для виготовлення паперу, картону, різних целюлозних матеріалів (похідних целюлози) і деревоволокнистих плит. Похідні целюлози мають широке застосування. При взаємодії целюлози з водними розчинами каустичної соди, азотної кислоти, сірчаної кислоти і оцтового ангідриду отримують штучні волокна (штапель, віскозу, ацетатний шовк), бордюрне волокно для автомобільних і авіаційних шин, целофан, целулоїд, кіноплівку, фотоплівку, нітролак і нітроклеї.

Коли розчини кислот взаємодіють з деревиною, целюлоза і геміцелюлоза гідролізуються і перетворюються на моносахариди (наприклад, глюкозу, ксилозу). Однак гідролізна промисловість в основному орієнтована на подальшу біохімічну переробку цукрів.

Реакції гідролізу відбуваються при значно вищих температурах (150-190°C). При охолодженні гідролізату (водного розчину моносахаридів) утворюється пара, з якої з конденсату отримують фурфурол. Фурфурол використовується у виробництві пластмас, синтетичних волокон (нейлон), смол, фармацевтичних препаратів (наприклад, фурацилан) і барвників.

Гідролізати піддаються подальшій переробці для виробництва кормових дріжджів, етилового спирту (етанолу) та вуглекислого газу. Етиловий спирт виробляється виключно з хвойних порід дерев і використовується як розчинник, а віднедавна - як паливо.

Піроліз відбувається при нагріванні деревини без доступу повітря. В результаті піролізу утворюється деревне вугілля, олія та гази.

Підп. і дста
Інв. № дубл.
Взаєм. інв.
Підп. і дста
Інв. № товл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Деревне вугілля, з його високою адсорбційною здатністю, використовується для промислових розчинів, очищення стічних вод, виробництва цукру, виплавки кольорових металів, фармацевтики, напівпровідників, виробництва електродів і багатьох інших цілей.

Целюлоза - це розчин продуктів розкладання, що використовується у виробництві консервантів, фенолу, оцтової кислоти, метилового спирту та ацетону. Гази, що утворюються під час піролізу деревини, використовуються як паливо. Низькоякісна деревина, а також екстрактивні речовини використовуються як сировина в лісохімічній промисловості. Видобування смоли (живиці) з хвойних порід деревини здійснюється методом шабрування. Для цього восени на поверхні стовбурів сосни і кедра роблять спеціальні подряпини (карри), з яких живиця зливається в конічні посудини. Живиця переробляється на лісохімічному підприємстві, де летюча частина - скипидар - відганяється парою, а каніфоль виварюється.

Скипидар виступає розчинником у лакофарбовій промисловості для виробництва синтетичної камфори. Камфора використовується у виробництві целюлози, лаку і плівки. Каніфоль використовується у виробництві гуми, паперу, нітролаків та електроізоляційних матеріалів.

1.3. Перспективи переробки відходів лісового господарства

У минулому дрова вважалися єдиним доступним паливом. Пізніше інші джерела енергії, такі як торф, вугілля, а згодом природний газ і нафта стали домінуючими. Відкриття нових джерел енергії та виснаження лісів призвело до необхідності мінімізувати використання дров як палива.

Його використовували як будівельний і оздоблювальний матеріал, а також як сировину для виробництва паперу. У деяких куточках світу, де є дефіцит електроенергії та палива, потреба в дереві набуває широкого масштабу. В наш час світова індустрія використовує деревину в таких відсотках:

ІНВ. № ДОКУМ.	ПІДП. І ДСТ	ВЗРОЄМ. ІНВ.	ІНВ. № ДОКУБЛ.	ПІДП. І ДСТ
---------------	-------------	--------------	----------------	-------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

- 57 % – ліс та пиломатеріали;
- 28 % – виробництво паперу;
- 4 % – деревне паливо;
- 11 % – відходи деревообробки.

Аналізуючи статистику, видно, що більша частина деревини, а саме 85 %, використовується для виробництва паперу та виготовлення виробів з деревини. Використання деревини як палива становить 4 %. Решта 11 % складають відходи при виготовленні продукції та витрати на транспортування. Частина цього обсягу може бути використана як паливо або сировина для повторного використання та виробництва ДВП та ДСП [19].

Відходи, які утворились при переробці деревини, поділяються на дві великі групи: лісові та промислові.

Перший тип відходів утворюється в лісі і складається з мертвих дерев, гілки що опали, спалені дерева та відходи, що утворюються в результаті заготівлі, бракування та транспортування. Статистики щодо цього виду відходів немає. Найбільша частина відходів, що розглядаються, походить від вирубки дерев. Лісові відходи найбільш цікаві з точки зору деревини як альтернативного джерела енергії.

Промислові відходи утворюються в результаті обробки деревини і при виробництві спеціальної целюлози для виробництва паперу [20].

1.3.1 Відходи лісозаготівель як енергетична перевага

Кількість лісогосподарських та промислових відходів безпосередньо залежить від площі лісозаготівлі та технічного процесу заготівлі та переробки дерев. Ці відходи складаються з коріння, стовбура та гілок дерев. Згідно зі статистичними даними, з кожного гектара лісу утворюється від 9 до 89 тонн сухих відходів, в середньому 20 тонн на гектар.

ІНВ.№ДОАЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	-----------	------------	-------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк

13

Деревина та целюлоза складають основну частину відходів лісозаготівлі. Основними компонентами цих відходів є вуглець, кисень і водень. Вуглець становить 50 відсотків маси матеріалу, кисень - 40 відсотків і водень - 5 відсотків. Енергія, необхідна для спалювання відходів, становить 18 610 кДж на кг сухої речовини. Кількість попелу, що утворюється під час спалювання, залежить від кількості мінералів, ґрунту, каміння та піску, що містяться у відходах. Як правило, чиста деревина містить менше 1 % золи, тоді як коріння містить до 10 % більше золи. Аналіз відходів лісозаготівлі показує, що деревина має чудові енергетичні властивості і може використовуватися як додаткове джерело енергії в деяких країнах.

1.3.2 Відходи промислової обробки деревини та їх енергетичний потенціал

Більшість деревних відходів складається з кори та деревини.

Основними хімічними елементами у відходах є вуглець, кисень і водень у пропорціях 50 %, 40 % і 6 % відповідно. Теплота згоряння відходів становить 19420-2300 кДж/кг сухої речовини, залежно від виду деревини.

Як правило, деревина містить вологу. Кількість вологи залежить від породи деревини, пористості її структури, пори року та географічного розташування деревини. Наприклад, якщо деревина транспортується водою, вміст вологи може становити до 80 відсотків. Для горили вологість не перевищує 50 відсотків [23].

За останніми даними, 37 % маси сухих деревних відходів використовується як сировина для виробництва паперу, а 27 % - як паливо. Завдяки вдосконаленню технологій переробки деревини, зростанню попиту на сировину для подальшої переробки та потенціалу використання енергії, невикористаних відходів залишається дуже мало [5].

Два типи відходів становлять великий інтерес у деревообробці: кора та лужний розчин. Кора видаляється з поверхні деревини за допомогою спеціального обладнання. Лужні розчини - це рідини, що утворюються в

Підп. і дста
Інв. № дубл.
Взам. інв.
Підп. і дста
Інв. № товл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

результаті обробки деревини і характеризуються високим вмістом органічних сполук.

Існує так званий чорний розчин лугу, що утворюється в результаті обробки деревини сірчаною кислотою та лугами. Розчин містить близько 98 % лугу, і цей луг використовується для розщеплення целюлози і розчинення лігніну для вивільнення волокон і твердих речовин. Розчин містить високу концентрацію карбонату натрію. Розчин випарюють для отримання лугу. Цей процес збільшує вміст сухої речовини до 45-70 %. Теплотворна здатність сухої речовини становить 15400 кДж на кг матеріалу. Суха речовина може містити велику кількість забруднень, що ускладнює використання регенераційного обладнання [10].

1.4. Обсяг утворення деревних відходів.

Із загальної кількості відходів, що утворюються, лише 60-65 % деревини використовується як вторинна сировина; відходи, що залишилися, викидаються на звалища і негативно впливають на навколишнє середовище.

Використання деревини в автомобільній промисловості, транспортному будівництві, верстатобудуванні, торгівлі, комунальному господарстві, виробництві меблів та інших галузях призводить до утворення значних обсягів відходів.[13]

Відходи деревини можна класифікувати за типом продукції (відходи деревини, фанера, ДВП тощо), породою деревини (хвойні, листяні), вологістю (суха деревина з вологістю 15 % і менше, напівсуха деревина з вологістю 15-30 %, волога деревина з вологістю 30 % і більше), структурою (кускова, сипуча) та іншими характеристиками. Деревообробна промисловість є одним з найбільших виробників відходів (рис.1.2).

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дста	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк
15



Рисунок 1.2 - Техніка для подрібнення відходів деревини [19]

Кількість відходів у цьому секторі залежить від кількості використовуваної сировини, типу та розміру продукції, а також особливостей технології виробництва та обладнання.[13]

Наприклад, кількість відходів, що утворюються на меблевих фабриках, сягає 60 відсотків від загальної кількості використаної деревини. Кількість відходів залежить від характеристик деревообробного обладнання, яке також утворює тирсу. Кількість деревини, яка перетворюється на тирсу, залежить від товщини пилки; чим тонша пилка, тим менша кількість тирси. Утворення тирси можна повністю уникнути, використовуючи інші методи розпилювання деревини.

Відходи, викликані якістю сировини, включають горби, торцеві зрізи, рейки, а також різні вирізи з дефектами і дефектами. Усі відходи деревини є цінною сировиною для виробництва різноманітних виробів, але коли справа доходить до вторинної переробки, вони не мають рівної цінності.

Підп. і дста
Інв.№доубл.
Взаєм.інв.
Підп. і дста
Інв.№доум.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк
16

Найціннішими є так звані господарські відходи, з яких можна виробляти різноманітні дрібні пилові продукти. До них відносяться пагорби, рейки та великокускові відходи. Вони також можуть бути використані для виробництва целюлози, деревно-волокнистих плит (деревоволокнистих плит), деревостружкових плит (деревно-стружкових плит), опилкоцементних плит (ОПЦП) і хімічної продукції.

Відходи з низькою утилізаційною цінністю мають обмежене застосування (тирса, тріска, дрібна стружка та стружка).

Тріска і тирса широко використовуються як побутова і технічна сировина в різних галузях промисловості завдяки своїм адсорбуючим, абразивним та ізоляційним властивостям.

Тріска і дрібна тріска є цінною хімічною сировиною для виробництва будівельних матеріалів, віскозного волокна (згодом текстилю), технічного спирту, оцту, целюлози, паперу, кормових дріжджів, картону та багатьох інших продуктів.[13]

Частина брикетованих деревних відходів використовується як паливо в побутових і промислових котлах.

Загалом, можливості переробки різних видів деревних відходів виглядають наступним чином (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Напрямки використання відходів деревини [13]

Види відходів	Використання відходів
Кускові відходи	Для отримання цільних та клеєних заготовок, дрібної пилопродукції; технологічної щепи для виробництва целюлози та іншої продукції з подрібненням деревини; у лісохімічному виробництві, в якості палива.
Тирса	Для виробництва спирту, кормових дріжджів, целюлози, деревного борошна, будівельних матеріалів; у лісохімічному виробництві: для господарсько-побутових потреб; у сільському господарстві; для технологічних цілей.

Стружка	Для виготовлення плит, будівельних блоків; у лісохімічному виробництві:
Кора	Для отримання дубильних речовин у лісохімічному виробництві; для виготовлення добрив.

Кількість утворення відходів деревини розраховують за формулою:

$$Q = n_1 \cdot V + n_2 \cdot V$$

де n_1 - вихід тріски та стружки по відношенню до початкового об'єму пиломатеріалів, $n_1 = 0,15$ для виробництва фурнітури, n_2 - вихід відходів по відношенню до початкового об'єму пиломатеріалів, $n_2 = 0,25$ для виробництва фурнітури, V – об'єм м³ переробленого лісу.

Згідно зі статистичними даними, на лісосіці площею 1 га утворюється від 9 до 89 тонн сухих відходів, в середньому 20 тонн на га [13].

ІНВ.№СТОАМ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста						Арк
										18
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст	ТС 22510229					

РОЗДІЛ 2 СУЧАСНИЙ СТАН ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

На сьогодні розроблено та впроваджено низку схем переробки різних видів деревної сировини.

Серед них досить ефективними є ті, що базуються на глибокій хімічній обробці хвойної та листяної деревини, кори, тирси та стружки. Також розвинуті виробництва хлорофіл-каротинових грудочок, хлорофіліну натрію, солі, інсектицидів та комбікормів. Однак впровадження цих виробництв вимагає високих капітальних та операційних витрат, кваліфікованого персоналу та складного обладнання, не приносячи при цьому значних економічних вигод.

Багатьом лісогосподарським підприємствам все ще важко задовольнити ці вимоги. Більш доступною є організація виробничих потужностей, які виробляють продукцію відносно простим способом і з невеликими капітальними вкладеннями [23].

Дистиляція ефірної олії

Ця технологія комплексно включає екстракцію летких терпеноїдів парою, конденсацію водно-олійного потоку та подальше розділення органічної та водної фаз. Однак єдиним ефірним олійним продуктом, який існує в промислових масштабах, практично є ялицева олія.

Це означає, що рідкі відходи (залишки та очищені нафтові води) скидаються у водойми та пригнічують флору і фауну, а тверді відходи займають складські приміщення, становлять пожежонебезпеку та суттєво забруднюють атмосферу.

Переробка вторинних відходів є ефективним способом підвищення рентабельності лісохімічного виробництва. Переробка залишків на ананасовий екстракт, а відходів - на сировину подвоює вартість кінцевого продукту. Дохід також можна збільшити, продаючи необхідну воду. Завдяки бактерицидній дії та

Підп. і дста
Інв. № дубл.
Взаєм. інв.
Підп. і дста
Інв. № товл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк

19

іншим позитивним властивостям вона має профілактичний і лікувальний вплив на людей і тварин, у тому числі протитуберкульозний [11].

Переробка на деревоволокнисті плити

Деревоволокнисті плити - це матеріал, що формується з волокнистої маси, а потім піддається термічній обробці. Приблизно 90 % ДВП виготовляється з деревини. Сировиною слугує неліквідна деревина та відходи лісопильної та деревообробної промисловості.

Плити також можуть виготовлятися з жорстких рослинних волокон та іншої волокнистої сировини, що має достатню міцність і гнучкість. До деревних пластиків відносяться: деревний ламінат – матеріал, виготовлений шляхом просочення шпону синтетичним полімером типу смоли і склеювання їх між собою шляхом термічної обробки під тиском; тирса - виготовляється з тирси шляхом обробки пресованих грудок при високих температурах без використання спеціального зв'язуючого речовини [23]. Технологія лігнокарбонатних пластиків складається з підготовки, сушіння і подачі деревних частинок, формування килима, холодного і гарячого пресування та охолодження без скидання тиску. Спектр застосування лігнокарбонатних пластиків такий самий, як і для ДСП [11].

Біопаливо.

Біомаса є четвертим за важливістю видом палива у світі, замінюючи наразі 1,25 мільярда тонн традиційних видів палива. На неї припадає близько 15 % світових первинних енергетичних ресурсів. Переваги біомаси як джерела енергії полягають у тому, що вона є відновлюваною, має низьку зольність, низький рівень викидів і підтримує баланс CO₂ в атмосфері.

Енергетичні продукти переробки біомаси можна застосовувати як звичайні види палива на електростанціях. Однією з найпоширеніших видів органічної біомаси є деревина. Розклавши деревину на основні енергетичні елементи, то масова частка вуглецю буде становити близько 50 %, водню - близько 6 % і кисню - близько 44 %. Теплотворна здатність деревини становить 14-17 МДж/кг.

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСОМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк
20

Сьогодні світові запаси деревини становлять 360×10^9 м³, що майже еквівалентно 175×10^9 т умовного палива [11].

Щорічна заготівля деревини в Україні становить 10308,7 тис. м³, з яких 7300 тис. м³ (4391,5 тис.т) не використовується і може бути використана для виробництва теплової енергії. Невелика частка наразі використовується як паливо для опалення промислових об'єктів та житлових будинків, але більша частина в кращому випадку вивозиться на звалища, а в гіршому - скидається поблизу підприємств. Це створює несанкціоновані звалища, які забруднюють повітря у вітряні дні. Під час такого "поховання" деревина починає гнити, виділяти парникові гази та приваблювати комах. Згодом це може стати джерелом хвороб [6].

Іншим методом виробництва палива з деревних відходів є гранулювання. Пелети можуть бути виготовлені з чистої деревини або з суміші деревини та кори.

Обидва типи деревних пелет дуже популярні і користуються високим попитом на ринку. Пелети з низьким вмістом кори вважаються найбільш якісним продуктом, доступним для домашнього використання, через низький вміст золи, що призводить до набагато більшого ринку.

Загалом, добре розвинені системи збору та переробки біомаси можуть забезпечити значну економію звичайних видів палива та зменшити вплив на навколишнє середовище.

ІНВ.№ГОДЛ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста	ТС 22510229					Арк
										21
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст	

РОЗДІЛ 3 ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА З ОТРИМАННЯМ ЕНЕРГІЇ

3.1 Технологія виробництва деревних паливних гранул

Технологія виробництва паливних брикетів та гранул базується на процесі пресування подрібнених відходів деревини (рис.3.1).

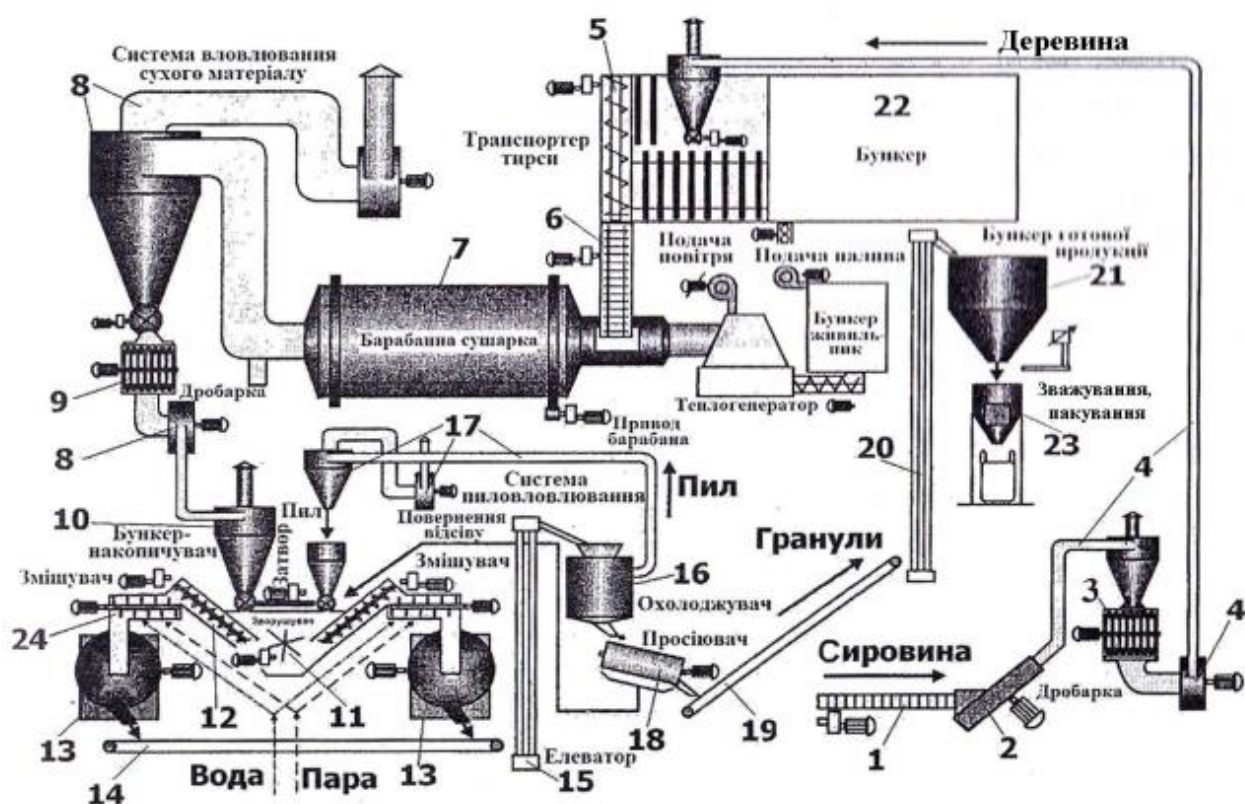


Рисунок 3.1 – Апаратно-технологічна схема виробництва паливних гранул [8]:

- 1, 6, 14, 19 – стрічковий транспортер; 2, 3, 9 – дробарка;
- 4, 8 – пневмотранспортер; 5, 12 – шнековий транспортер;
- 7 – барабанна сушарка; 10 – бункер-накопичувач; 11 – дозатор;
- 13 – прес-гранулятор; 15, 20 – норія; 16 – охолоджувач;
- 17 – система пиловловлювання; 18 – просіювач; 21 – бункер готової продукції;
- 22 – бункер; 23 – пакувальна машина; 24 – змішувач.

Підп. і дста

ІНВ.№ДУБЛ.

Взаєм.інв.

Підп. і дста

ІНВ.№ГТОМЛ.

ТС 22510229

Арк

22

Сировина (тирса, солома тощо) подається в дробарку і подрібнюється на порошок. Отримана маса потрапляє в сушарку, звідки подається в гранулятор, де деревне борошно пресується в пелети. Стиснення під час пресування підвищує температуру сировини, розм'якшуючи лігнін у деревині та склеюючи частинки між собою, утворюючи щільний циліндр.

Для виробництва однієї тонни пелет потрібно 3-5 кубометрів деревної тріски з природною вологістю. Готові пелети охолоджують і фасують у великі мішки (кілька тонн у мішку) або невеликі мішки від кількох до кількох десятків кілограмів. Ми розрізняємо промислові пелети (поставляються навалом або у великих мішках без упаковки) і споживчі пелети (у невеликих упаковках для індивідуальних споживачів або невеликих промислових споживачів).

Деревні паливні гранули (пелети, ДПП) - це невеликі циліндричні вироби з деревини, діаметром 4-12 мм і довжиною 20-50 мм, виготовлені з висушених відходів деревообробки та лісопиляння (тирса, стружка, деревне борошно, тріска, деревний пил тощо). Пелети використовуються в котлах, які виробляють теплову та електричну енергію шляхом спалювання [15].

Для того, щоб виробляти пелети високої якості, дуже важливо, щоб прес був правильно відрегульований. У багатьох випадках пелети не витікають або прес не працює взагалі. Іншими словами, прес-форми заклинює, як тільки вони починають працювати.

Перш ніж ми почнемо, давайте пояснимо, як запустити прес:

Прес запускається в наступній послідовності (за умови, що матриці вже відшліфовані).

- Запускається електродвигун головного пуансона;

- Подається первинна суміш - суміш олії та тирси. Пелети або суміш тирси з маслом подаються для забезпечення плавного запуску і зупинки преса, а також для підвищення ефективності роботи матриці. Зупинка гранулятора з нормальною тріскою без масла (стандартна матриця для мокрої тріски без масла) призводить до того, що спресована тріска прилипає до стінок матриці і вимагає дуже великого

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і ДСТ
ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і ДСТ	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

зусилля притискання під час запуску [17]. Через цю стружку, а також через те, що це зусилля часто недостатнє, прес просто заклинює, збільшуючи навантаження і, відповідно, збільшуючи знос двигуна преса і механізму передачі. Тепер поговоримо про змішувачі більш детально. Як ви можете собі уявити, роль міксера полягає в більш плавному запуску преса і зменшенні зносу преса. Фахівці з виробництва штампів і пресів рекомендують змішувати тирсу з чистим дизельним паливом або моторним маслом, щоб зменшити сили тертя між сумішшю і стінками зношеної матриці [20].

Замість використання чистої, відносно дорогої оливи, умільці пристосувалися змішувати стружку з дешевшими відходами верстатів, редукторів та інших механізмів.

У цьому випадку готові наповнені маслом гранули виймають перед зупинкою двигуна і замість нової суміші заливають цю суміш як при зупинці гранул, так і при їх запуску, додаючи в суміш трохи відпрацьованого масла в разі потреби, і використовують багато разів.

У той же час, масло спочатку заливається в наконечник і отримуються змащені гранули, які використовуються під час запуску і зупинки. Перевагою такого "вдосконалення" є значна економія мастила, а недоліком - швидший знос матриці, оскільки відходи та інші матеріали містять велику кількість металевих домішок.

- Зачекайте, поки гранули впадуть, і видаліть або викиньте їх разом з мастилом (залежно від того, чи буде суміш використовуватися повторно).

- Після того, як гранули почнуть продавлюватися через прес-форму, вмикається мінімальна подача стружки на прес, а подача стружки, що містить масло, припиняється. Стружка видаляється до тих пір, поки не залишаться тільки безмасляні гранули.

- Коли залишаються тільки чисті, безмасляні гранули, подачу тирси в гранулятор збільшують і виводять прес на проектну потужність.

ІНВ. № ТО АЛ.	Підп. і дста	ВЗРОМ. ІНВ.	ІНВ. № ДУБЛ.	Підп. і дста
---------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Якщо гранули не падають, це означає, що матричний прес вийшов з ладу. Не перекручуйте і не втручайтеся в роботу преса. Необхідно зупинити всю систему і просвердлити або перфоровувати матрицю.

Пелетні преси часто забиваються тирсою.

Засмічення відбувається, коли пелети не проходять через матрицю:

- Тиск на матрицю в нормі
- Вологість тріски 12-15 %
- Сортувальний склад в нормі

Часто трапляються ситуації, коли пелетний прес працює, а потім раптово збільшується навантаження на двигун, двигун зупиняється і весь прес забивається тирсою. Оператор все чистить, готує матрицю, запускає прес, через пару годин все повторюється, прес зупиняється, оператор чистить, все нормально, зауважень до технології начебто немає. Викликає несприятливі умови для роботи преса:

- Якщо ролики злегка розхитані або застрягли, прес не працюватиме.
- Якщо тиск пуансона навіть трохи нестабільний, тобто з якихось причин (негерметичність клапана), тиск від пуансона наростає, в цьому випадку датчик може не відразу вказати на падіння тиску, навіть якщо тиск пуансона падає і шар тирси починає перекочуватися через матрицю. Пуансон піднімається над матрицею, а тиск залишається на тому ж рівні.

Автоматизація та візуалізація виробничого процесу відіграють важливу роль в оптимізації виробництва деревних пелет. Для контролю процесу необхідно щозміни відстежувати, скільки сит після сортування готових пелет через сита повертається в обіг і який коефіцієнт після кожної зміни (для цього встановлені ваги вимірюють вагу тріски, що потрапляє в прес). Необхідно перевірити швидкість роботи преса протягом зміни. Важливо розуміти, що у виробництві пелет кожен запуск і зупинка преса є значним навантаженням і викликає максимальний знос матриці і роликів, тому їх потрібно контролювати і мінімізувати [20].

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗРОМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ					ТC 22510229	Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.		ДСТ

Коли встановлюються нові матриці і нові ролики, новий механізм часто не забезпечує якість, необхідну для отримання високоякісних пелет, оскільки потрібен певний час для притирання робочого механізму. Тверді сторонні предмети (каміння, метали) потрапляють в машину і створюють заглиблення в робочому механізмі, де пресування не відбувається. Якісний прес означає, що гранули видавлюються з усієї поверхні матриці, а не тільки з окремих її частин.

Ось деякі з проблем, які можуть виникнути: дефекти матриці та роликів, вібрації матриці в листі, дефекти підшипників, роликів, тощо.

Всі показники якості пелет взаємопов'язані. І, як правило, при недотриманні технічних параметрів (вологість, тиск, фракційний склад) всі показники якості пелет відразу ж знижуються.

Переваги використання деревних гранул у порівнянні з іншими видами палива полягають у наступному:

- Мінімізація шкідливих викидів в атмосферу: біопаливо з деревини визнано CO₂-нейтральним. Це означає, що кількість вуглекислого газу, що виділяється в атмосферу під час згоряння, не перевищує викиди від розкладання деревини в природі;

- Вища теплотворна здатність: порівняно з тріскою та частково деревними відходами. Енергетична цінність одного кілограма пелет з деревини еквівалентна 0,5 літра дизельного пального. Теплотворна здатність деревних гранул не нижча, ніж у вугілля або мазуту;

- Низька вартість у порівнянні з дизельним паливом та електричним опаленням,

- Чистота приміщення, де встановлений котел,

- Можливість автоматизації котельні.

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

3.2 Екологічна характеристика етапів виробництва деревних паливних гранул

Компонування обладнання на кожному заводі може відрізнятися. Однак принципи є спільними з моменту розробки технології виробництва пелет у 1947 році. Сам процес гранулювання - формування пелет відбувається в спеціальній кільцевій матриці (прес-формі) з обертовими роликками, які запресовуються в ряд отворів.

Весь процес виробництва складається з декількох етапів (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Блок-схема технологічних операцій з виробництва паливних брикетів

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дата
ВЗРОМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дата	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

Розглянемо докладніше виробничі процеси:

Подрібнення сировини

Дробарки (пульверизатори) подрібнюють деревну сировину до розмірів 25x25x2 мм або менше і далі сушать її. Найкраще подрібнювати до менших фракцій, щоб зменшити витрати енергії на сушіння [8].

Сушіння сировини.

Вологість деревної сировини перед пресуванням повинна становити 10 ± 2 %. Сировина з більшою або меншою вологістю потребує додаткового зволоження або сушіння. Сушарки можна розділити на барабанні та стрічкові. Стрічкові: дорожчі, але безпечніші. Залежно від використовуваного осушувача їх можна розділити на сушарки з відпрацьованими газами, гарячим повітрям і паром. Газові та на деревній стружці, залежно від виду палива, що використовується для виробництва деревних пелет.

Для стабільної роботи преса швидкість подачі не повинна перевищувати 4 мм. Ця фракція може подаватися молотковими млинами, фракерами або дробарками.

Водопідготовка.

Матеріал з вологістю менше 8 % недостатньо пресується і вимагає обладнання для додаткового зволоження матеріалу. Ідеально підходять шнекові змішувачі, здатні подавати воду або пару. Пара використовується для зменшення міцності та збільшення пластичності листової сировини. У деяких пресах деяких виробників подача пари не є обов'язковою через конструктивні особливості пресів. Деякі використовують пару на старій, затверділій сировині, але з такої сировини важко отримати якісні пелети [8].

Пресування сировини у брикети.

Преси - це серце всього процесу гранулювання. В даний час існують десятки виробників пресів з усього світу (наприклад, CPM, ANDRITZ, Salmatech, Amandus Carl, Bühler, Munk). Багато пресів відрізняються за конструкцією залежно від типу матриці (рис. 3.3):

ІНВ.НЧТОАЛ.	Підп. і дста	ВЗОЕМ.ІНВ.	ІНВ.НЧДУБЛ.	Підп. і дста
-------------	--------------	------------	-------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк

28

- Круглі преси
- Преси з плоскими матрицями

Преси з круглою матрицею були розроблені для комбікормової, харчової та хімічної промисловості. Преси з плоскими матрицями спочатку використовувалися для переробки твердих промислових і побутових відходів.

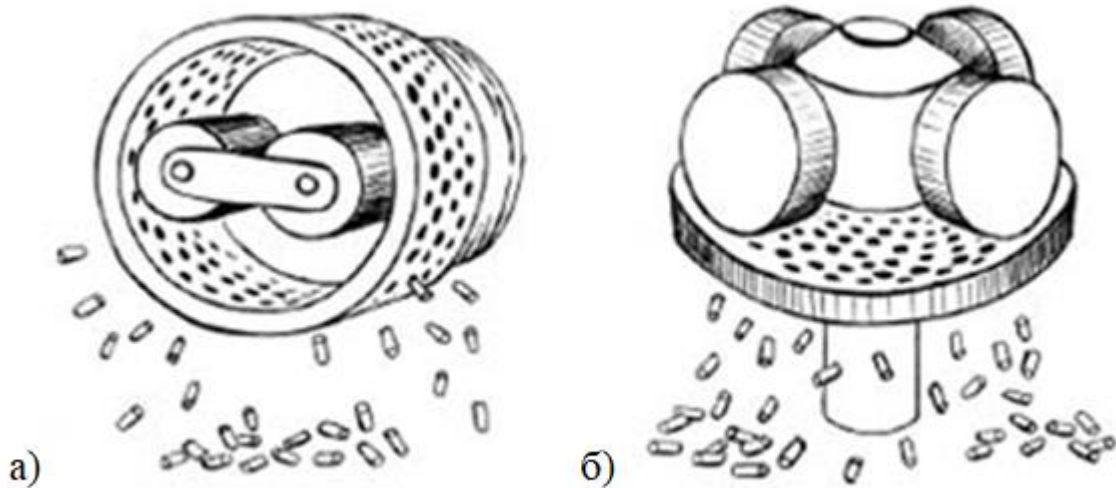


Рисунок 3.3 – Приклад типу матриць [28]:

а - прес з круглою матрицею; б - прес з плоскою матрицею

Сьогодні обидва вдосконалені ущільнювача, що використовуються для гранулювання, працюють за одним і тим же принципом. Ролик створює контактну напругу, яка подрібнює матеріал на матриці, в той час як матеріал, розрізаний ножем, виштовхується через отвори в матриці. Преси виготовлені з особливо міцних матеріалів і мають жорсткі та міцні корпуси. Матриця і ролики виготовлені зі спеціального загартованого зносостійкого сплаву. Для гранулювання деревини, яка є матеріалом високої щільності, потрібні більші зусилля пресування. Під час пресування деревний матеріал стискається до трьох разів. Споживання електроенергії становить 30-50 кВт-год на тонну. Через сили тертя та адіабатичний процес, що виникає внаслідок швидкого стиснення сировини, температура в робочій зоні преса може досягати 100 °С.

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дата
ВЗСЕМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дата	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Охолодження.

Чим вища сила пресування і температура сировини, тим краща якість пелет.

Температура пресування вище 120°C викликає незворотні процеси в гранульованій сировині і знижує якість пелет. Охолодження необхідне для кондиціонування пелет після пресування. Хороші виробники обладнання мають системи очищення готових пелет від пилу після охолодження, що значно покращує якість продукту [8].

Упаковка та фасування.

Фасування та пакування паливних гранул залежить від системи зберігання споживача:

- Насипом - великими партіями
- У біг-беги по 500-1200 кг.
- У дрібну тару по 10-20 кг.

Фасування паливних гранул

- **Вільна форма** - насипом

Їх можна розділити на дві групи:

Перша - для великих теплових електростанцій з невисокими вимогами до якості та низькими цінами: промислові пелети.

Друга - високої якості для котлів малої потужності, які пакуються в невеликі контейнери.

Фасовка в біг-беги (рис. 3.4)



Рисунок 3.4 – Приклад фасування паливних гранул

ІНВ.№ТОМ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст

ТС 22510229

Арк
30

Біг-Беги використовуються для промислового транспортування сипучих продуктів. Біг-беги виготовляються з міцних полімерів, мають петлі для механічного завантаження і розвантаження, а також здатні підтримувати необхідну вологість при відкритому зберіганні. Ціна в біг-бегах вища, ніж при доставці навалом [20].

Дрібна розфасовка

Найдорожча група. Ціна пелет у невеликих упаковках є найвищою і перевищує 200 євро за тонну. Для пелет цієї групи необхідна висока якість. Дуже зручні для клієнтів, які не можуть дозволити собі склади для зберігання навалом. Транспортується на палетах. Вагою до 1 тонни. На фото показані варіанти транспортної упаковки і мішки по 20 кг.

Устаткування для спалювання біопалива

Кожен вид палива потребує своєї технології спалювання, яка є технічно та економічно обґрунтованою. Паливні гранули можна спалювати в різних пристроях. Однак найбільша ефективність досягається тільки в котлах і пальниках, спеціально призначених для цієї мети.

Процес для виробництва тепла та енергії з пелет. не можна назвати спалюванням, оскільки це не горіння, а тління. При цьому навіть котли, в яких закінчується паливо в сховищі, можуть продовжувати забезпечувати тепло 24 години на добу завдяки низькій швидкості горіння.

В країнах Європи більшість твердопаливних котлів на деревних гранулах мають середню потужність від 100 кВт до 1 МВт. Як правило, такими котлами користуються у приватних будинках, школах та на малих і середніх підприємствах.

Крім пелетних котлів, попитом також користуються каміни, які працюють на пелетах або брикетах. Такі каміни функціонують як повітрянагрівачі, а не котли, і не потребують інсталяційної системи. Як і звичайні каміни, їх часто використовують як додатковий засіб опалення.

ІНВ.НЧТОАЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗЄМ.ІНВ.	ІНВ.НЧДУБЛ.	Підп. і ДСТ
-------------	-------------	-----------	-------------	-------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Наразі на ринку СНД пропонуються пальники для переобладнання рідкопаливних котлів на пелети, обладнання для котелень значної потужності, промислові парогенератори на біопаливі, малопотужні автоматичні котли для приватних домогосподарств і закриті каміни для спалювання паливних гранул. Більшість обладнання - імпордне. Однак ряд вітчизняних компаній пропонують аналоги закордонного обладнання для спалювання пелет.

До речі, роботи з розроблення біопаливних котлів з'явилися ще в СРСР, і в 1960-х роках в країні було розроблено і встановлено низку таких котлів. Але в той час існувала інша проблема: утилізація відходів. Європейці працювали над тонкощами спалювання біопалива більше, ніж росіяни, тому що в західних країнах метою було досягнення максимальної ефективності для зниження собівартості виробництва енергії. Наприклад, при перепалюванні хвої отримують каустичну соду і гідроксид натрію та багато інших елементів. Мінеральні солі, утворені в результаті реакції, негативно впливають на металеві котли, але зараз доступні технології, що дозволяють нейтралізувати цей згубний ефект.

Кожен вид біопалива потребує своєї особливої технології. Котли, розраховані на біомасу з вологістю нижче 30 %, не ефективні для спалювання вологого або очищеного біопалива з вологістю близько 50 %. Волога сировина не буде горіти, оскільки для цього потрібні дуже високі температури всередині котла. Хоча деревні гранули (очищене біопаливо) будуть горіти в таких котлах, вартість пелетних котлів нижча, ніж котлів, що використовують вологу або суху (до 35 %) біомасу, таку як тирса, деревна стружка тощо, тому економічна доцільність втрачається.

В даний час в Європі розробляється ряд котлів на біопаливі:

- Котли для пресованого біопалива (пелети, брикети).
- Котли для сухого біопалива (вологість до 30 %).
- Котли для вологого біопалива (до 55 % вологості)
- Котли для спалювання торфу і торф'яних сумішей
- Котли для спалювання черепашок та сумішей черепашок.

Підп. і дста
Інв. № док. бл.
Взаєм. інв.
Підп. і дста
Інв. № док. бл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

- Котли для спалювання іншої органічної сировини.

Залежно від своїх характеристик, котли призначені для різних сегментів ринку, від індивідуальних споживачів до великих компаній і муніципальних котелень.

3.3 Технологія отримання паливних брикетів з відходів лісового господарства

Технологія виготовлення паливних брикетів базується на пресуванні сільськогосподарських відходів (наприклад, лушпиння соняшника, гречки) та дрібно подрібненої деревної стружки (тирси) під високим тиском, а в деяких випадках і при температурі 250-350° С у шнеку. Отримане брикетне паливо не містить ніяких в'язучих речовин, окрім лігніну - природної речовини, що міститься в клітинах рослинних відходів. Якщо використовується сільськогосподарська сировина, в'язучі речовини можуть бути додані. Температура під час пресування сприяє розплавленню поверхні брикету і збільшує міцність брикету.

Сировина, що використовується для брикетів, така ж, як і для пелет. Це тирса з різних порід деревини, деревна тріска, лушпиння соняшника, гречана лузга, солома та багато інших рослинних відходів. Процес виробництва брикетів схожий на процес гранулювання, але простіший. Брикети бувають різних форм, включаючи цеглу, циліндр або шестигранник з отвором посередині. Стандартних розмірів для цього продукту не існує.

Основним фактором, що визначає механічну міцність, водонепроникність і теплотворну здатність брикету, є його щільність. Чим вища щільність брикету, тим вищі його властивості. Чим менша щільність брикету, тим нижча його теплота згоряння. Наприклад, при щільності брикету 650-750 кг/м³ теплота згоряння становить 12-14 МДж/кг, а при щільності 1200-1300 кг/м³ - 25-31 МДж/кг.[18]

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взам.інв.
Підп. і дата
Інв.№зголл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк
33

Якість брикетів сильно залежить від вологості сировини. Розрізняють оптимальну та критичну вологість. Оптимальна вологість - 4-10 %, при якій механічні властивості брикету найкращі (зверніть увагу, що деякі види сировини мають верхню межу вологості 6-8 %). Критична вологість - це вологість, при якій брикет може бути сформований, але він розтріскується і стає непридатним для продажу. Критична вологість знаходиться в межах 10-15 %. При більш високому вмісті вологи брикет розривається під впливом внутрішнього тиску, що виникає при стисненні подрібненої маси.

Можна розрізнити три види серед брикетів. Форма залежить від способу виготовлення. Широко поширені три назви, що походять від назви компанії, яка виробляє обладнання, що використовується для виробництва конкретного брикету: брикет RUF, брикет NESTRO і брикет Pinnikey. Однак, окрім цих компаній, виробниками обладнання для брикетування є UPM (Литва), CFNielsen (Данія), Pawert-SPM AG (Швейцарія), Vogma (Швеція) та DI-PIU (Італія).

Брикети поділяються за двома відмінностями:

Перша пов'язана з відмінностями у сировині. До них відносяться брикети з деревних відходів (стружка і тирса без кори, стружка з корою, кора, відходи МДФ, тирса, відходи фанери, лігнін і сільськогосподарські відходи), брикети з сільськогосподарської біомаси (солома, лушпиння соняшника, лушпиння зерна, відходи бавовни, сіно, очерет) та інших матеріалів (папір, картон, целюлоза, полімерів, торфу) брикетів.

Ще одна відмінність - спосіб пресування та форма. Існує три види брикетів: циліндричні, пресовані та цегляні.

Циліндричні брикети.

Цей вид брикетів виробляється за рахунок пресування на ударній машині. Вони мають необмежену довжину і можуть бути розділені на пачки або колоди. Вони дуже щільні і користуються великою популярністю в Європі.

Брикети можуть бути круглими, квадратними або восьмигранними, з отворами або без них. Тип брикетів замовляється клієнтом і залежить від

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дста
ВЗРОМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.

форми, яка популярна у відповідній країні. Ці брикети легко доступні в таких країнах, як Великобританія, Німеччина, Швеція, Данія, Норвегія та Італія. Кускові брикети виготовлені на ринку нашої країни, вироблені за данною технологією, найчастіше використовуються як паливо для твердопаливних котлів [1].

Екструдовані брикети.

Брикети з отвором посередині і обпаленою верхньою поверхнею.

В основі технології екструзії брикетів лежить процес за рахунок якого сировина під високим тиском пресується в шнековому пресі при температурі 250-350° С. Температури, що утворюються в процесі пресування, сприяють розплавленню поверхні брикету, збільшуючи міцність брикету, що важливо для транспортування брикетів. Ці брикети вручну укладаються в топки котлів або печей. Популярності набули у країнах Балтії [1].

Брикети у формі цегли.

Цей продукт має форму прямокутних брикетів-паралелепіпедів зі скошеними кутами. Такі брикети виробляються за допомогою гідравлічних пресів, а їх розмір залежить від сипучості сировини і тиску, що чиниться на неї. Вони широко використовуються на внутрішньому ринку, а також широко продаються по всій Європі [1].

Технологія.

Процес брикетування полягає в стисненні сировини під високим тиском і зниженні її температури за рахунок тертя. Цей ефект вивільняє лігнін, що міститься в деревині, який є сполучною речовиною для формування брикетів. У брикетах з недеревної сировини можуть використовуватися екологічно чисті добавки (до 2 %). Виробництво цієї продукції вимагає особливої уваги до вмісту вологи, яка є дуже важливим параметром, що впливає на щільність брикетів. Якщо вологість сировини перевищує 14 %, брикети будуть нерівномірно розбиватися через надлишок вологи.

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Об'єм брикетів становить 1/10 від об'єму сировини, яка використовується для виробництва, що забезпечує значну економію на транспортуванні та зберіганні біопалива [15].

Для виробництва брикетів з тирси та тріски використовуються поршневі та шнекові преси. Перед пресуванням сировину додатково подрібнюють і сушать (вологість не повинна перевищувати 12-14 %).

Поршневі преси працюють циклічно. З кожним ходом поршня з конічного сопла виштовхується фіксована кількість матеріалу. У приводному блоці завжди використовується маховик для врівноваження навантаження на двигун. Завдяки невеликому відносному зміщенню між стисненим матеріалом і поршнем, поршень зношується менше, а сопло зношується швидше. Поршневі ущільнення відносно недорогі і тому широко використовуються [22].

Гвинтові преси легші за поршневі, оскільки не мають величезних поршнів або маховиків. Продукція виробляється безперервно і може бути розрізана на необхідні частини. Щільність вища, ніж у поршневих пресів. Через відсутність ударних навантажень гвинтові преси менш шумні. Недоліки - високе енергоспоживання і швидкий знос шнека.

Паливні брикети мають широкий спектр застосування і можуть використовуватися у всіх типах печей, котлах центрального опалення тощо. Основною перевагою брикетів є те, що температура під час горіння залишається постійною більше чотирьох годин.

Головним плюсом брикетів є те, що температура їх горіння в 1,5-2 рази вища, ніж у дров. При вологості 20 % теплотворна здатність дров становить 2500-2700 ккал/кг, тоді як брикетів - 4500-4900 ккал/кг [1].

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дста	Взєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста
------------	--------------	-----------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Таблиця 3.1 – Порівняльна таблиця видів палива [28]

Вид палива	Середня вага палива для виробництва 17000 МДж енергії	Порівняльна ціна отримання енергії для споживача в середньому по Україні грн.
Паливні брикети	1000 кг	550
Деревина	1600 кг	550
Газ	478 м ³	875
Дизельне паливо	500 л	2000
Мазут	685 л	1375
Вугілля кам'яне	1000 кг	700

Цьому є просте, логічне пояснення:

- Брикети мають низький вміст вологи. Чим нижча вологість дров, тим вища тепловіддача. Нормальна вологість дров, які правильно зберігаються, становить 15-20 %. Брикети мають вологість 4-8 %, що досягається шляхом примусової сушки.

- Брикети мають високу щільність. Дубові дрова горять при більш високих температурах, ніж тополіні, завдяки своїй більшій щільності. Щільність деревини дуба становить 0,81 г/см³, а тополі - 0,4 г/см³. Це означає, що в кожному см³ деревини дуба міститься більше корисної деревини, ніж у тополі. Щільність брикетів коливається від 0,95 до 1 г/см³. Вміст горючих речовин в одиниці об'єму навіть вищий, ніж у дуба. Тому теплотворна здатність також вища [28].

Низький вміст вологи та висока щільність - запорука успіху брикетів. Якщо дрова висушити до вологості 4-8 %, їх теплотворна здатність буде порівнянна з брикетами [18].

Інші переваги брикетів

- Займають менше місця.
- Рівномірно і довго горять.
- Виготовляються з відходів.

ІНВ.№ПТОАЛ. Підп. і дста. Взаєм.інв. ІНВ.№ДУБЛ. Підп. і дста.

Вип. Арк. № докум. Підп. Дст

ТС 22510229

Арк

37

- Брикети мають низький вміст вологи, тому утворюють менше сажі і менше забруднюють димохід.

Недоліки брикетів.

- Вартість. На перший погляд, брикетне паливо дорожче, ніж дрова. Насправді, потрібно розраховувати вартість одиниці тепла, отриманого від дров і брикетів.

- Проблеми з вологістю. Вологі брикети кришаться. Для зберігання брикетів важливий стан закритого, добре провітрюваного приміщення.

- Деякі брикети є поганими брикетами. Купуючи брикети деревного вугілля, не завжди можна з упевненістю сказати, з чого вони зроблені. У брикети можуть додавати що завгодно - м'яку деревину, гнилу деревину, стару деревину, неякісну деревину, хімічно оброблену деревину тощо. Це збільшує об'єм, але знижує якість брикетів.

Брикети різної форми, виготовлені з пресованої тирси, називаються тирсовими брикетами. У більшості випадків поширені наступні форми:

- Прямокутний паралелепіпед (CRP - за назвою компанії, яка вперше його виготовила) (рис. 3.5 а).

- Шестигранні або восьмигранні стовпчики з отворами по всій довжині (Pini Kei, Piri Kau - за назвою компанії, яка першою почала їх виготовляти) (рис. 3.5 б).;

- Квадратні стовпчики будь-якого перерізу, з отворами або без них (рис. 3.5 в).;

- Круглі бруски (Yerigo) (рис. 3.5 г).

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дста
ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дста	Підп. і дста

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк
38

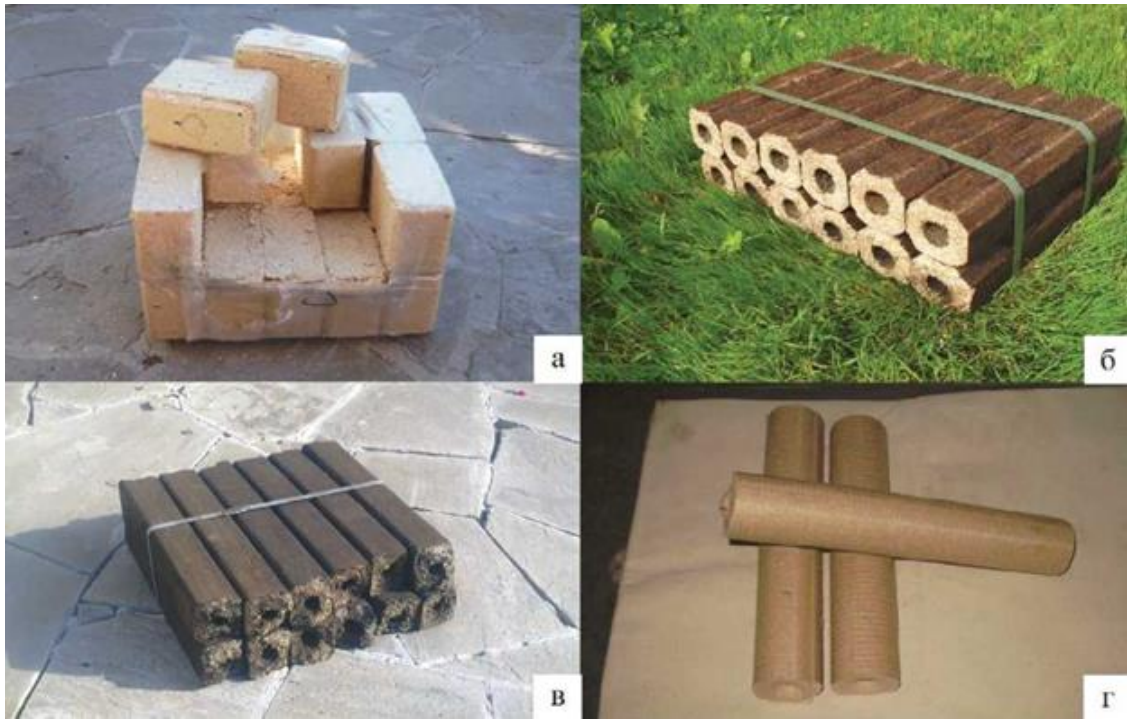


Рисунок 3.5 – Приклади паливних брикетів: а – прямокутний KUR;
 б – шестигранні або восьмигранні Pini Kei, Lipi Kau;
 в – квадратні брикети, г – круглі бруски Yerigo, Ieso.

Брикети KUR мають прямокутну форму, перші цеглинки розміром 150x90x60 мм.

Тирса використовується переважно дрібна, яка під тиском у гідравлічному пресі перетворюється на грубі брикети.

Високоякісні покрівельні брикети пресуються під високим тиском. Паливо згорає поступово від поверхні до центру, виробляючи максимальну кількість тепла. Час горіння в 2,5-3 рази довший, ніж у дров тієї ж породи.

Брикетне паливо Lipi Kau.

Переваги та недоліки

1. Має найдовший час горіння з усіх брикетів;
2. Швидке розпалювання, підходить для камінів і багать, не димить
3. Зручний для зберігання;
4. Висока ціна від 3000 грн/т

ІНВ.№ТОАЛ.	Підп. і дста
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дста	Підп. і дста

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

5. Ці брикети потребують захисту від вологи.

Брикети Riri Kau мають витягнуту циліндричну (або багатокутну) форму з отвором посередині. Цей вид поліна виробляється шляхом пропускання сировини (дрібні шматочки тирси або деревної тріски, іноді з добавками рисового лушпиння і макулатури) через шнек.

Шнек стискає і склеює сировину під впливом температури, тому на виході після шнека встановлюються нагрівальні елементи.

Вплив високих температур створює тверду поверхню на брикеті піна колади, яка також служить оболонкою і надає додаткову міцність продукту в цілому. Стандартні брикети мають довжину 250-350 мм.

Круглі брикети Ieso.

Переваги та недоліки:

- Підходить для будь-якої сировини, наприклад, деревної тріски;
- Без іскор і мало диму;
- Спечена поверхня частково захищена від вологи;
- Легке транспортування та зберігання;
- Може вироблятися невеликими партіями на невеликих заводах;
- Ціни приблизно 3 000-3 500 грн/т;
- Енергоємне виробництво через необхідність використання нагрівального

елементу.

Круглі брикети Iezigo виготовляються з дрібної тирси. Сировина проходить через гідравлічний прес і сильно спресовується. Відмінність від Liri Cow полягає в тому, що кінцевий продукт не має центрального отвору і має меншу довжину. Технологія виробництва подібна до технології виробництва брикетів CRC.

Основна відмінність полягає в тому, що вони упаковані в мішки і тому мають більший фізичний об'єм і меншу вагу.

Інші брикети доступні у всіх формах і розмірах.

Плюси та мінуси.

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗРОМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

- Висока теплотворна здатність, ідеально підходить для твердопаливних котлів;

- Швидкість горіння середня в порівнянні з усіма типами брикетів;

- Практично бездимні та без сажі (в залежності від сировини);

- Ціна також залежить від якості сировини та придатності технології;

Форми незручні для штабелювання, але в той же час легко автоматично подаються в опалювальні котли.

Форма не впливає на теплотворну здатність брикетів з тирси або систему спалювання, але може вплинути на ефективність роботи системи автоматичної подачі. Це основна перевага даного виду палива перед дровами і вугіллям.

Виробництво брикетів базується на одній особливості тирси. Після пресування з тирси виділяється лігнін - суміш ароматичних полімерів.

Лігнін склеює частинки тирси між собою і перетворює їх на міцний моноліт.

Залежно від способу виробництва рекомендується вологість 6-12 % і тиск 300-1000 кг/см².

Тепер оцінимо вартість 1 ккал тепла, що виділяється при згорянні деревини та брикетів. Для цього розглянемо теплотворну здатність різних видів палива.

ІНВ.№ТОАЛ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста						Арк
										41
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст	ТС 22510229					

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЦІЛЯХ

Сучасні твердопаливні прилади для автономних систем опалення є універсальними щодо паливних ресурсів. Це означає, що можна використовувати різні види паливної сировини.[22]

Наприклад, дрова, деревні пелети, вугілля та біопаливо. Кожне паливо має свої характеристики, такі як теплопровідність, час спалювання, ефективність і продуктивність. Дрова є класичним видом палива. Однак останнім часом використання деревних гранул стало дуже популярним як у приватному, так і в промисловому секторах. Чим більше видів паливних ресурсів існує, тим більше питань проблемні у споживачів.

Опалення пелетами є досить економічним, після деревних гранул мають високу теплопровідність. Таким чином, закладка пелет більш вигідна з точки зору продуктивності, ніж аналогічний шматок дров. Деревні пелети не є дорогими. Це ще один вагомий аргумент, чому величезна кількість споживачів у нашій країні дає перевагу вищезгаданій продукції [22].

Цей вид палива не виділяється в навколишньому середовищі токсичних речовин при згорянні. Тому вони є екологічно чистими. У процесі виробництва пелет не утворюються шкідливі хімічні речовини.

Пелети добре горять у всіх типах камінів, вогнищ і печей. Для використання пелет як паливної сировини не потребується спеціальне опалювальне обладнання. Однак для ефективності в топку необхідно постійно подавати свіже повітря, щоб підтримувати силу півм'я. Спеціальні пелетні котли мають функцію автоматичної подачі повітря. Це також може бути реалізовано за допомогою додаткової автоматики - програматора з вентилятором. Автоматика легко підключається до всіх видів твердопаливного опального обладнання. Коли температура в системі

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дста
ВЗСОМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.

ТС 22510229

Арк
42

падає, програматор автоматично вмикає вентилятор для подачі повітря в камеру згоряння. Механізм досить простий.

Під час процесу горіння деревні пелети виділені піролізні гази. При забезпеченні оптимального повітря піролізні гази згоряють і виділяють додаткове тепло, підвищуючи таку ефективність пелетної печі.

У виробництві пелет використовують різні витратні матеріали. Їх якість на продуктивність і ціну паливного матеріалу. Перераховані вище види палива класифікуються відповідно до типу сировини, що використовується для їх виробництва.

Білі пелети преміум-класу.

Виготовлені з деревини без кори. Теплотворна здатність - 17,2 МДж/кг, зольність майже нульова. Тому достатньо чистити котел раз на місяць. достатньо. Вид пелет є найбільш популярним і затребуваним на споживчому ринку.

Промислові пелети.

Для їх виробництва використовується низькоякісна деревна стружка. До складу вже входять кора і деякі вогнетривкі елементи. Промислові пелети також мають відмінні показники тепловіддачі, але складаються з більшої кількості зол, перший ніж від твердого палива. Це призводить до більш частого очищення котла. Через додані до відповідності елементи деревні пелети виглядають трохи темніше, ніж продукція преміум-класу.[22]

Агропелети.

Цей вид твердого палива виготовляється з відходів сільського господарства. Теплотворна здатність не перевищує МДж/кг. Зольність цієї сировини досягає 4 відсотків. Це високий показник. Головною перевагою цього виду палива є його доступність. Пелети в основному каменю для опалення промислових об'єктів. Якщо твердопаливні котли забезпечені автоматичним очищенням від сажі та золи, то агропелети - відмінний вибір для ефективного автономного опалення та підігріву води. Такі пелети підходять для котлів, які розраховані на використання подібного типу твердого палива [22].

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСОМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Основним показником якості того чи іншого паливного ресурсу є його теплотворна здатність. Наприклад, теплотворна здатність кілограма дров становить 8 МДж, тоді як деревні пелети мають теплотворну здатність 16-18 МДж. На етапі виробництва пелети проходять термічну обробку, тому залишкова вологість незначна. Продукт упакований в поліетиленові мішки. Тому пелети не вбирають вологу під час транспортування або зберігання палива.[8] Вологість пелет не перевищує 8 %. Для дров цей показник набагато вищий. Наприклад, неякісні дрова можуть містити більше 50 % вологи. При спалюванні дров значна частина тепла витрачається на сушіння. При сушінні дров в домашніх умовах втрачається дуже мало вологи. В результаті можна отримати не більше 15 відсотків властивостей. Отже, теплотворна здатність безпосередньо залежить від вологості сировини, яка для пелет набагато нижча.

Стосовно порівняння теплотворних характеристик палива на опалювання можна сказати, що на 1 т деревних пелетів буде використано:

- 1) природного газу $\frac{17 \text{ МДж/кг}}{34 \text{ МДж/кг}} = 0,5$ тис тонн;
- 2) дрова: $\frac{17 \text{ МДж/кг}}{18,7 \text{ МДж/кг}} = 0,9$ тонн;
- 3) вугілля: $\frac{17 \text{ МДж/кг}}{25 \text{ МДж/кг}} = 0,68$ тонн.

В грошовому еквіваленті теплотворних характеристик 1 т пелетів це:

- 1) природного газу: $0,5 * 6860 = 3430$ грн;
- 2) дрова: $0,9 * 1300 = 1170$ грн;
- 3) вугілля: $0,68 * 6500 = 4420$ грн.

Таблиця 4.1 показує, що використання однієї тонни брикетів/пелет є економічно ефективним (на кожній тонні використання пелет замість газу, вугілля та дров економія становить 3430 грн. для газу, 1170 грн. для дров, 4420 грн. для вугілля), а вплив на навколишнє середовище при їх спалюванні є низьким. Інші поширені види палива, такі як природний газ та вугілля, по-перше, є невідновлюваними джерелами енергії, а по-друге, деякі з них спричиняють велику кількість викидів в атмосферу.

ІНВ.№СТОАМ.	Підп. і ДСТ
ВЗРОМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і ДСТ	Підп. і ДСТ

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Таблиця 4.1 – Порівняльна таблиця витрат на опалення цеху 100 кв.м [16]

Види топлива	Теплотворність, кВт·год / кг	Нижча тепл. здатн., МДж/кг	Необхідна кількість, кг	Ціна, грн/кг	Сума, грн/сезон
Газ	33	34,0	2235	6,86	15400
Дрова	3,12	18,7	7600	1,3	9880
Вугілля	7,0	25,0	3000	6,5	19500
Брикети	4,5	17	4150	2,1	8715
Пелети	4,7	17	4000	2,2	8800

Не менш важливою якісною характеристикою є зольність. Для дров оптимальним вважається приблизно 5 відсотків. Таким чином, на кожен кілограм спалених дров витрачається приблизно від 20 до 50 грамів сировини. З пелетами все економно. Навіть низькоякісні пелети при згорянні мають вміст золи менше 3 %. Високоякісні пелети мають вміст золи 0,5 %. Таким чином, при використанні пелет паливо згорає майже повністю. Низька зольність означає, що систему опалення потрібно чистити рідше. На обслуговування твердопаливних котлів витрачається менше часу і зусиль. Пелети можна зберігати невеликими порціями безпосередньо біля котла. Для дров потрібна спеціальна будівля з дахом, який захищає деревину від намокання внаслідок опадів.[22]

При спалюванні 1 тонни пелет/гранул виділяється така ж кількість теплової енергії, як і при спалюванні дров: 0,55 т природного газу, 0,9 т дров та 0,68 т вугілля.

Беручи до уваги інформацію з таблиці 5 та середню ціну пелетного гранулятора (60000-65000 грн.), розрахуємо обсяг виробництва пелет, необхідний

ІНВ.№ТОДЛ. Підп. і ДСТ
 Підп. і ДСТ
 ВЗСЄМ.ІНВ.
 ІНВ.№ДУБЛ.
 Підп. і ДСТ

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

для того, щоб окупити всі виробничі та транспортні витрати, окрім закупівлі сировини:

- 1) У випадку заміщення природного газу, економія витрат на тонну пелет становить 3430 грн., тобто $62500/3430 \approx 18,2$ тонн;
- 2) У разі заміщення вугілля $62500/4420 \approx 14,1$ тонн;
- 3) У разі заміщення дров $62500/1170 \approx 53,4$ тонни;

Період окупності залежить від масштабу виробництва пелет і варіюється від компанії до компанії.

Перераховані вище характеристики роблять пелети набагато кращими за класичні дрова в якості сировини для твердопаливних опалювальних приладів. З точки зору доступності паливних ресурсів, дрова все ще займають лідируючі позиції. Однак, проблеми з придбанням якісного пелетного палива не існує. Звичайно, в сільській місцевості власники приватних будинків традиційно вважають за краще заготовляти власне паливо у вигляді дров.[22] Однак у цьому випадку вони програють, використовуючи велику кількість палива, яке є менш продуктивним, ніж пелети. Пелети можна зручно транспортувати в більшість регіонів нашої країни. Тому проблем з доставкою не повинно виникнути [15].

Крім того, як уже згадувалося вище, зольність дров вища, ніж у сучасних пелет. Звичайні системи опалення на дровах потребують частого обслуговування та чищення. Пелетні котли - ні. Однак витрати на них дещо вищі.

Існують різні способи обігріву будинку площею приблизно 100 квадратних метрів. Вартість опалення приватного будинку складається з ціни обладнання та витрат на електроенергію протягом загального терміну експлуатації встановленої системи опалення. Важко вгадати, який енергоносіє є найдешевшим, тому стратегічно система опалення, що поєднує різні види палива, забезпечить найбільшу ефективність. Однак використання пелет дозволяє заощадити гроші, максимізувати тепло, зменшити частоту чищення котла від золи, підтримувати чистоту всередині приміщення і продовжити термін служби котла[9].

Враховуючи все перераховане вище, можемо зробити такі висновки:

ІНВ. №ГОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗРОЄМ. ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА	ТС 22510229				Арк	
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ	46

1. Витрати на опалення значно нижчі, ніж при використанні дров, вугілля, газгольдерів, дизельного палива, мазуту та електроенергії.
2. Середня вартість енергії пелет становить 1,20-1,50 грн/кВт-год
3. Спалювання можна автоматизувати. Залежно від типу використовуваного обладнання, паливо може подаватися від одного разу на добу до одного разу за опалювальний сезон;
4. Невисока вибухо- та пожежонебезпечність (порівняно з газом чи дизельним паливом);
5. Відсутність неприємного запаху та шкідливих вихлопних газів при згорянні. Після згоряння паливних гранул залишається лише 0,5-1 % золи, яку можна використовувати як добриво;
6. Під час використання пелет обслуговування та догляд за опалювальною системою мінімальні;
7. Пелети зручні у використанні, зберіганні та транспортуванні. Пелети упаковані в мішки з поліетиленові по 15-25 кг або у великі за розміром м'які контейнери (біг-беги) по 500-1000 кг. Тому їх можна зберігати на відкритому повітрі;
8. Встановлення пелетних котлів та окремо стоячих котелень не потребує узгодження з контролюючими органами.

ІНВ.№СТОАЛ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст

ТС 22510229

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів у лісовому господарстві

Лісове господарство – це народне господарство, що спеціалізується на вивченні, обліку, вирощуванні, відтворенні, захисту лісів від пожеж, хвороб і шкідників, регулюванні лісокористуванням та підвищенні продуктивності лісів. Лісове господарство є галуззю матеріального виробництва і включає лісове господарство, лісозаготівлю, деревообробку, сільське господарство, будівництво та інші види промислової діяльності.

При виконанні робіт, пов'язаних з веденням лісового господарства та виробництвом деревини, працівники можуть піддаватися впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів. До них відносяться, але не обмежуючись ними.

- Природні небезпечні та шкідливі виробничі фактори (наприклад, опади, грози, холодна або спекотна температура навколишнього середовища, складний рельєф місцевості, гідрологічні та ґрунтові умови, небезпечні дерева).

- Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори (наприклад, рухомі механізми та електроінструменти, дерев'яні деталі в русі, підвищений рівень вібрації та шуму на місці праці, гострі краї, задирки, матеріали, заготовки та деталі, шорсткі поверхні інструментів та обладнання).

- Хімічні небезпечні виробничі фактори (токсичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, алергенні);

- Небезпечні біологічні виробничі фактори (хижі тварини, отруйні плазуни, павуки, кліщі та інші комахи, отруйні та подразнюючі рослини, їх плоди та пилок);

- Психофізіологічні небезпеки/небезпечні виробничі фактори (наприклад, фізичні перевантаження, нервово-психічні перевантаження).

Підп. і дста
Інв. № дубл.
Взєм. інв.
Підп. і дста
Інв. № товл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк

48

Професійні ризики для працівників.

- Лісозаготівельні роботи (валка дерев, обрізка, трелювання та навантаження деревини);
- Транспортні операції (перевезення дерев'яного полотна);
- Нижні складські операції (розвантаження та укладання лісоматеріалів);
- Деревообробні роботи (розпилювання лісу-кругляка);
- Ремонтні роботи (слюсарні, слюсарні, ковальські, шліфувальні, зварювальні, шиномонтажні);
- Несправне обладнання, відсутність запобіжних або блокувальних пристроїв;
- Відсутність спецодягу та засобів індивідуального захисту;
- Низька трудова дисципліна (робота в нетверезому стані, паралельна робота на стороні);
- Неналежний професійний відбір, використання непрофесійних працівників.

Тому для збереження здоров'я та життя працівників компанії одним з основних завдань керівників та осіб, відповідальних за стан охорони праці на робочих місцях, є інформування всіх працівників про вимоги статті 14 Закону України "Про охорону праці". Згідно з нею, працівники зобов'язані дбати про свою особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я інших людей під час виконання будь-якої роботи або перебування на всій території підприємства [5].

5.2 Види лісових пожеж та правила безпеки під час пожеж у лісах.

Лісові пожежі - це пожежі, які виникають природним чином і поширюються по всій території лісу. Пожежі можна розділити на наступні категорії:

- Малі (до 5 га)
- Великі (від 5 до 200 га);
- Надзвичайно великі (понад 200 га).

ІНВ. №ГОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	Підп. і ДСТ	Арк	49
ТС 22510229						Арк

Існує три основні типи лісових пожеж: низові, верхові та підземні. Наземні пожежі є найбільш інтенсивними та небезпечними, з температурою горіння від 900 °С до 1200 °С. Цей тип пожеж спалює хвойні дерева, гілля, великі гілки та обвуглену кору.[14]

Залежно від швидкості поширення вогню, його можна розділити на такі категорії

- "Рухливі" пожежі: поширюються пологом зі швидкістю понад 4 км/год, значно випереджаючи фронт низових пожеж і утворюючи нові осередки через розсіювання іскор;[14]

- "Стійкі" пожежі: поширюються зі швидкістю до 4 км/год через деревний намет одночасно з просуванням стійкого фронту низової пожежі.

Залежно від швидкості просування фронту лісової пожежі, верхові пожежі можна розділити на слабкі (до 3 метрів на хвилину), середні (від 3 до 100 метрів на хвилину) і сильні (понад 100 метрів на хвилину).[14]

Такі пожежі в хвойних лісах є найбільш небезпечними через високу горючість деревини. Особливо напружена ситуація на сході та півдні країни, де сотні тисяч гектарів хвойних дерев були штучно висаджені в результаті екстенсивного лісорозведення.

Трав'яні пожежі спалюють лісову підстилку, лишайники, мохи, трави, листя та гілки на землі. Вогонь поширюється за вітром зі швидкістю 0,25-5 км/год. Висота полум'я досягає 2,5 метрів. Температура горіння - близько 700°С (іноді вище).

Низинні пожежі можна розділити на наступні категорії.

- Слабкі (1 метр за хвилину, висота полум'я до 0,5 метра).

- Середні (1-3 метри на хвилину, висота полум'я 0,5-1,5 метра).

- Сильні (понад 3 метри на хвилину, висота полум'я понад 1,5 метра).[14]

Верхові пожежі виникають у достатньо сухих умовах з глибокими покладами гумусу, торфу та подібної відмерлої рослинності. Швидкість поширення таких пожеж дуже повільна, але їх буває найважче загасити. Під час

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЕМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

тривалих посух вони можуть зимувати під землею, а навесні знову з'являтися на поверхні.

Торф'яні пожежі - пожежі, що виникають на торфі. Коли горить торф або коріння рослин, вогонь може починатися під землею і поширюватися в різних напрямках. Торф схильний до самозаймання і може горіти за відсутності повітря або навіть під водою. Над палаючими торфовищами може утворитися "стовпчастий вихор" з гарячого попелу і палаючого торф'яного пилу, який сильний вітер може переносити на великі відстані, спричиняючи нові пожежі та опіки людей і тварин [12].

Полум'я з центру пожежі може поширюватися по торфовищах, спричиняючи трав'яні пожежі, пожежі на сільськогосподарських угіддях і лісові пожежі. Лісові пожежі характеризуються утворенням великої кількості диму.

До лісових пожеж також відносяться іскрові пожежі, які являють собою іскри, що переносяться вітром або конвекційними потоками з місця пожежі за межі основних контурів пожежі.

Правила безпеки під час лісових пожеж

По-перше, не панікуйте. Відомо, що навіть невеликі пожежі призводять до значних жертв, коли починається паніка.

По-друге, необхідно повідомити пожежну службу «101». Це пов'язано з тим, що коли пожежа вирує, вона вимагає великої кількості персоналу, величезних зусиль і великої кількості спеціалізованого обладнання та іншого спорядження. Тільки тоді можна безпечно розпочати гасіння пожежі.

У випадку пожежі час має вирішальне значення, тому важливо знати, де знаходиться протипожежне обладнання та як ним користуватися. Найпоширенішими засобами гасіння пожеж є пісок, земля, вода, ручні вогнегасники, брезентові або азбестові покривала постільна, гілки листяних порід і навіть одяг.

ІНВ.№ДОКЛ.	Підп. і дста
ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дста	Підп. і дста
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
Дат	Дат

ТС 22510229

Арк

51

Кожен, хто бере участь у гасінні пожежі, повинен бути безпечним, уважним і обережним. Рятуючи себе або інших від лісової пожежі, ви повинні діяти швидко. Адже, на вас чекають:

- Небезпечно висока температура і дим;
- Потенційна можливість обвалу або падіння дерев через горіння торфу;
- Різні продукти горіння в небезпечних концентраціях.

Під час боротьби з пожежею потрібно триматися ближче до доріг і відкритих ділянок і стежте за іншими пожежниками.

Будьте особливо обережні при гасінні торф'яних пожеж. Перевіряйте палицею глибину вигорілого шару, оскільки можуть утворитися глибокі воронки.

Залишаючи зону лісової пожежі, яка має повільну швидкість поширення, рухайтесь за вітром, тобто в напрямку вогню, і використовуйте стежки, відкриті простори, дороги, річки тощо [24].

Люди зазвичай лякаються полум'я, що наближається, і намагаються бігти в протилежному напрямку, не розраховуючи швидкість руху. Якщо вони бачать, що наближається вогняна буря, вони повинні прикрити голову і обличчя верхнім одягом і перетнути межу вогняної бурі проти вітру.

Якщо втекти від пожежі неможливо, слід вийти на відкриту місцевість або галявину, зайти у воду або накритися мокрим одягом і дихати повітрям нижче рівня землі, прикривши рот і ніс одягом або шматком тканини. Під час пожежі може загорітися одяг людей (ваші дії):

- Якщо загорівся ваш одяг, впадiть на землю і переверніться, щоб загасити полум'я;

- Якщо ви бачите когось, чий одяг горить, киньте його на землю і швидко накиньте на нього пальто, плащ, ковдру або покривало (бажано вологе) і закріпіть його на тілі. Це робиться для того, щоб запобігти доступу повітря до зони горіння. За необхідності зверніться за медичною допомогою «103».

Знання правил поведінки під час пожежі допоможе вам не тільки вижити в будь-якій ситуації і зберегти власне життя, але й допомогти іншим [12].

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв.
Підп. і дата
Інв. № товл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк

52

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської роботи було досліджено фактичне накопичення деревних відходів в Україні та запропоновано екологічно безпечну технологію переробки деревних відходів.

Детально розглянуто технології виробництва деревних паливних гранул та брикетів, зокрема процес виробництва та аналіз шкідливих викидів при спалюванні різних видів гранул, порівнянню готових гранул за основними характеристиками;

Проведено економічні розрахунки щодо рентабельності переходу з традиційних видів палива на запропоновані мною, та зроблено відповідні висновки:

1. Витрати на опалення значно нижчі, ніж при використанні дров, вугілля, газгольдерів, дизельного палива, мазуту та електроенергії.
2. Середня вартість енергії пелет становить 1,20-1,50 грн/кВт-год
3. Спалювання можна автоматизувати. Залежно від типу використовуваного обладнання, паливо може подаватися від одного разу на добу до одного разу за опалювальний сезон;
4. Невисока вибухо- та пожежонебезпечність (порівняно з газом чи дизельним паливом);
5. Відсутність неприємного запаху та шкідливих вихлопних газів при згорянні Після згоряння паливних гранул залишається лише 0,5-1 % золи, яку можна використовувати як добриво;
6. Під час використання пелет обслуговування та догляд за опалювальною системою мінімальні;
7. Пелети зручні у використанні, зберіганні та транспортуванні. Пелети упаковані в мішки з поліетиленові по 15-25 кг або у великі за розміром м'які

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дста
ВЗСОМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дста	Підп. і дста
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
Дст	Дст

ТС 22510229

Арк

53

контейнери (біг-беги) по 500-1000 кг. Тому їх можна зберігати на відкритому повітрі;

8. Встановлення пелетних котлів та окремо стоячих котелень не потребує узгодження з контролюючими органами

Отже, деревні пелети перевершують звичайну деревину за рахунок більшого стиснення кусків. Це позитивний ефект. З точки зору викидів в атмосферу, деревні пелети мають найнижчі викиди золи, а також викиди інших хімічних сполук. Тому переробка деревних відходів у паливні гранули є одним з найбільш прийнятних варіантів їх утилізації. Також краще переробляти деревні відходи в пелети на деревообробних/переробних заводах, щоб компенсувати додаткові витрати на біологічну сировину та зменшити транспортні витрати.

ІНВ.№ГОДЛ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста						Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст	ТС 22510229					54

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/05/position-paper-uabio-20-ua.pdf> (дата звернення: 05.11.2023).

2. Гайда С.В. Технології та рекомендації до використання вживаної деревини в деревообробленні / С.В. Гайда // Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть: міжвід. наук.-техн. зб. – 2013. – Вип. 39.1. – С. 48-67.

3. Гірс О. А. Лісовпорядкування : підручник / О. А. Гірс, Б. І. Новак, С. М. Кашпор. – К. : Арістей, 2004. – 384 с.

4. Ємельянов В. Г. Основи деревинознавства та лісового товарознавства : навч. посібник / Харк. нац. агр. ун-т. ім. В.В. Докучаєва. – Харків, 2009. – 399 с.

5. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р., № 2694. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 10.12.2023).

6. Клименко Л.П. Техноекологія. Посібник. Видавництво «Таврія», 2000. – 542 с.

7. Клименко Л.П., Соловійов С.М., Норд Г.Л. Системи технологій: Навчальний посібник. – Миколаїв: Вид-во МДГУ ім.Петра Могили, 2007. – 600 с.

8. Комплексне перероблення рослинної сировини комплексна хімічна переробка деревини.

URL:https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50864/1/Kompleksne_pereroblennia.pdf (дата звернення: 11.11.2023).

9. Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси. URL: <https://uabio.org/wp->

Підп. і дста	
Інв.№дубл.	
Взєм.інв.	
Підп. і дста	
Інв.№гтоал.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

content/uploads/2020/04/kompleksnii_analiz_ukrayinskogo_rinku_pelet_z_biomasi.pdf (дата звернення: 11.11.2023)

10. Л.І. Максимів, В.П.Климович, Л.Д.Загвойська. Використання енергетичного потенціалу деревини: еколого-економічний вимір. URL: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/81/4> (дата звернення: 14.11.2023)

11. Лісопильно-деревопереробна промисловість URL: https://pidru4niki.com/70534/ekologiya/vpliv_dovkilliya (дата звернення: 14.11.2023)

12. Мандебура С. В. Переробка та утилізація відходів лісопромислового комплексу України / С. В. Мандебура, А. С. Прадівляна, Т. С. Тітов // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. - Електрон. текст. дані. - 2018. - Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2018/paper/view/4504>.

13. Методичні вказівки до виконання практичних робіт дисципліни «Утилізація промислових та небезпечних відходів» /О.О. Бєдункова – Рівне: НУВГП, 2017. - 40 с.

14. Наказ про затвердження: «Правил пожежної безпеки в лісах України» від 27.12.2004 № 278. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0328-05#Text> (дата звернення: 10.12.2023).

15. Огурцов А.П., Мамаєв Л.М., Волошин М.Д. та ін.. Основи промислової екології та охорони навколишнього середовища. Учбовий посібник. – Київ, 1997. – 265 с.

16. Основні напрями управління процесами використання відходів деревини.

URL:<http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/27395/1/%D0%94%D0%B7%D1%8F%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87.pdf>

(дата звернення: 16.11.2023)

Підп. і дста
Інв. № дубл.
Взаєм. інв.
Підп. і дста
Інв. № товл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

Арк

56

17. УДК 662.63.003.12:/620.91 Аспір. А.В. Прокоп1 – НЛТУ України, м. Львів Оцінка потенціалу деревинних відходів для енергетичного використання. URL:<http://otsinka-potentsialu-derevinnih-vidhodiv-dlya-energetichnogo-vikoristannya.pdf> (дата звернення: 11.11.2023)

18. Паливні брикети - сировина і стандарти URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/1589/> (дата звернення: 09.11.2023)

19. Переваги пелет перед іншими видами палива URL: <https://gi-pellets.com.ua/blog/vygoda-pellet-pered-drugimi-vidami-topliva> (дата звернення: 09.11.2023)

20. Перспективи використання відходів деревини лісових господарств як біологічних енергетичних ресурсів URL: https://www.researchgate.net/publication/342823250_Perspektivi_vikoristanna_vidhodiv_derevini_lisovih_gospodarstv_ak_biologicnih_energeticnih_resursiv (дата звернення: 16.11.2023)

21. Погребняк П. С. Лісова екологія і типологія лісів. Вибрані праці. – К.: Наук. думка, 1993. – 496 с.

22. Порівняння деревної пелети і дров. URL: <https://www.kronaimpuls.com.ua/porivnyannya-derevnoyi-peleti-i-drov/> (дата звернення: 25.11.2023)

23. Посібник підготовка та впровадження проєктів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/posibnyk-onovlenyi-2016.pdf> (дата звернення: 16.11.2023)

24. Правила поведінки під час пожежі в лісах та на торфовищах URL: <https://konotop.city/articles/220259/pravila-povedinki-pid-chas-pozhezhi-v-lisah-ta-na-torfovishchah> (дата звернення: 25.11.2023)

25. Промислова екологія: навчальний посібник / [С. О. Апостолюк, В. С. Джигирей, І. А. Соколовський та ін.]. – 2-ге вид., виправл. і доповн. – К. : Знання, 2012. – 430 с.

Підп. і дата	
Інв. № док.	
Взам. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № док.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510229

26. Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії : колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб. – П. : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. – 326 с.

27. Свириденко В. Е. Побічне користування лісом : навч. посіб. /В. Е. Свириденко. – К., 2002. – 240 с.

28. Технологія виробництва видів біопалива URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/2344/> (дата звернення: 18.11.2023)

ІНВ.№СТОЛ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510229

Арк
58