

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

Тема: Сучасні технології переробки відходів лісового господарства

Завідувач кафедри Пляцук Л.Д. _____

Керівник роботи Батальцев Є.В. _____

Консультант

з охорони праці Васькін Р.А. _____

Виконавець

студент групи ТС-81 Курдес Є.Ю. _____

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ _____ ” _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту _____ Курдесу Єгору Юрійовичу _____ Група ТС-81

1. Тема кваліфікаційної роботи: Сучасні технології переробки відходів лісового господарства
2. Вихідні дані: дані Державного агентства лісових ресурсів України, Сумського обласного управління лісового та мисливського господарства, наукові статті, літературні джерела, Інтернет-джерела.
- 3.
3. Перелік обов’язково графічного матеріалу:
 1. Способи використання відходів деревини у енергетичних цілях.
 2. Схема установки для газифікації відходів деревини.
 3. Процес утворення біогазу.
 4. Лісистість України у розрізі адміністративно-територіальних одиниць.

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання 18.04.2022 р.

Керівник _____

к.т.н., асистент Батальцев Є.В.

РЕФЕРАТ

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 17 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 63 с., у тому числі 2 таблиці, 17 рисунків, список джерел посилання 2 сторінки.

Мета роботи. Мета роботи полягає у дослідженні технології ефективної переробки відходів лісового господарства.

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 біогазу з відходів лісового господарства з огляду на її екологічну ефективність;
- проаналізувати технологія виробництва синтез-газу з відходів лісового господарства;
- проаналізувати технологію виробництва паливних брикетів та пелет, як ефективну переробку відходів лісного господарства.
- провести аналіз переваг та недоліків технологій переробки відходів лісового господарства.

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

Предметом дослідження є сучасні технології переробки відходів лісового господарства.

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

У роботі було використано порівняльний метод, структурний аналіз. Прогнозування потреби заміни використання не відновлюваних джерел енергії на відновлювані джерела енергії.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШЬНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО, БІОГАЗ, ПРОЛІЗ, ГАЗИФІКАЦІЯ, ПАЛИВНІ БРИКЕТИ.

ЗМІСТ

	С.
Вступ	5
Розділ 1 Аналіз відходів лісового господарства	8
1.1 Структура лісового фонду України та Сумської області.....	8
1.2 Типи та характеристика відходів лісового господарства	12
1.3 Хімічні властивості деревини.....	16
Розділ 2 Технологія виробництва біогазу з відходів лісового господарства.....	22
2.1 Біогаз, його походження	22
2.2 Процес утворення біогазу в природі	24
2.3 Чинники, що збільшують вихід біогазу з відходів деревини	26
2.4 Технологічний процес отримання біогазу з відходів деревини.....	33
Розділ 3 Технологія виробництва синтез-газу з відходів лісового господарства.....	37
3.1 Піроліз.....	37
3.2 Газифікація.....	40
Розділ 4 Технологія виробництва паливних брикетів та пелет, як ефективна переробка відходів лісного господарства Сумської області.....	42
4.1 Технологія виробництва паливних брикетів.....	42
4.2 Технологія виробництва пелет	46
Розділ 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	51
5.1 Забезпечення безпеки під час валки лісу.....	51
5.2 Безпека під час навантаження та вивантаження лісових матеріалів ...	56
5.3 Пожежна безпека на підприємствах лісового господарства.....	58
Висновки.....	61
Список джерел посилання.....	62

Підп. і дата												
Інв.№ДУОЛ.												
Взаєм.інв.№												
Підп. і дата												
						ТС 18510215						
Вшл	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Сучасні технології переробки відходів лісового господарства			Літ	Аркуш	Аркушів		
								4	63			
Н.Контр	Батальцев							СумДУ, ф-т ТеСЕТ				
Затв.	Пляцук							гр. ТС-81				

ВСТУП

Сьогодні екологічна політика будь-якої держави має за мету збільшення частки використання відновлюваних джерел енергії, яким є, зокрема, біомаса. Лісове господарство – частина матеріального виробництва, яке здійснює облік, розведення, відновлення, захист і охорону лісів, також регулює використання їх з метою задоволення потреб у лісових ресурсах. В Україні воно займає значну роль, в результаті чого кожного року в Україні утворюється більше 30 млн. тон відходів деревини.

У 2020 році енергетична частка, одержуваної з поновлюваних джерел в державі, склала 16,6 %. Частина енергії, яка була задіяна завдяки тому, що утворюється за рахунок деревини, ще менша. Її використання дозволяє заощадити природний газ й вирішувати низку інших складних завдань. По-перше, для того щоб знизити проблеми «паливного перекосу», необхідно збільшити споживання «свого» палива замість «чужого». По-друге, зробивши акцент на газ отриманий з деревини, ми зможемо повністю замінити природний газ, що істотно зменшить витрати на виробництво тепла й електроенергії. Проаналізувавши економічну сторону можна побачити, що енергія у вигляді природного газу коштує у два-три рази дорожче, ніж у вигляді деревини. По-третє, переробка деревини та деревних відходів дозволить покращити та знизити навантаження на екологічну ситуацію в країні за рахунок зменшення шкідливих викидів в атмосферу.

Відомо декілька способів використання деревини наприклад: процес неповного згоряння спрямований на перетворення твердого палива на газоподібне. При цьому потенційна енергія деревини майже вся трансформується в енергію горючого газу – із газифікатора виходять горючий газ і зола. Однак за рахунок низької продуктивності газифікатора значно зменшується зона їх застосування.

Ще одним способом є піроліз, він дозволяє перетворити деревину. Найчастіше застосовується при виробництві деревного вугілля. На жаль у нашій країні дуже мало комбінатів на яких виробляється деревне вугілля, оскільки ця галузь ще не

Підп. і дата						
Інв.№дубл.						
Взаєм.інв.№						
Підп. і дата						
Інв.№пооди.						
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	ТС 18510215	Арк
						5

набула популярності. Однак там використовується малопродуктивна і дуже енергоємна технологія.

Іншим варіантом хімічної трансформації деревини є газифікація. Проте для отримання горючого газу та її широкому використанню перешкоджають дві обставини: висока кількість важких вуглеводнів (смола) у продуктах газифікації та слабка швидкість газифікації (малий вихід газу з одиниці об'єму апарата).

Також на сьогоднішній день багато науковців світу зацікавились виробництвом біогазу з відходів деревини, але цей процес ускладнюється наявністю в деревині лігніну. Науковці працюють над штамми мікроорганізмів які здатні переробити лігнін, але поскільки це нові технології і вони перебувають на стадії розробки, то їх широке висвітлення поки що неможливе в засобах масової інформації. Також отримуються органічні добрива, вироблені на біогазовій станції (їх також називають біошлам) – екологічно чисте і вкрай дешеве джерело комплексних органічних добрив для сільського господарства.

Одним з напрямків зменшення обсягів використання традиційних енергоресурсів є використання паливних гранул – пелет та брикетів, на користь яких свідчать технічні, економічні та екологічні чинники.

Метою роботи є дослідження технології ефективною переробки відходів лісового господарства.

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 біогазу з відходів лісового господарства з огляду на її екологічну ефективність;
- проаналізувати технологію виробництва синтез-газу з відходів лісового господарства;
- проаналізувати технологію виробництва паливних брикетів та пелет, як ефективну переробку відходів лісного господарства.
- провести аналіз переваг та недоліків технологій переробки відходів лісового господарства.

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

ТС 18510215

Арк

6

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

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

Предметом дослідження є сучасні технології переробки відходів лісового господарства.

Методи дослідження: метод наукового пізнання, системний підхід до вивчення проблеми ефективної переробки відходів деревини.

У роботі було використано порівняльний метод, структурний аналіз.

Інв.№поздл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510215	Арк
						7
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВІДХОДІВ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

1.1. Структура лісового фонду України та Сумської області

Головним і найбільш важливим екологічним багатством для держави та її народу є ліси.

Всесвітнє суспільство визнало ліс найважливішим фактором запобігання зміні клімату, покращення умов довкілля для тривалого життя, зменшення негативного впливу природних факторів.

Загальна площа лісів України становить 10,4 млн га, з них 9,6 млн га вкриті ліською рослинністю. Лісистість країни становить 15,9%.

Розподіл площі лісів України за переважаючими породами дерев виглядає таким чином: ліси України утворюють понад 30 порід дерев, серед яких сосна (33%), дуб (24%), ялина (8%), бук (7%), домінують вільха (6%), інші (22%).

Ліси України є національним природним надбанням, безцінним, життєвим багатством, яке належить не лише нам, а й майбутнім поколінням. Їх охорона, примноження та збереження має бути обов'язком кожного з нас і, насамперед, лісівників, які щороку садять нові дерева, доглядають та охороняють саджанці на ділянках зрубів.

Запаси деревини в лісах оцінюються в 2103 млн м³. Середня зміна запасу досягає 35 млн м³. Протягом року маса деревини змінюється приблизно так: на 1 га в лісах становить 4,1 м³ і коливається від 2-3 м³ у степовій зоні до 5-7 м³ в Карпатах до 2-3 м³ [1].

На рисунку 1.1 показана лісистість території України за природними зонами станом на 2019 рік.

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

ТС 18510215

Арк

8

Вшп Арк № докум. Підп Дата

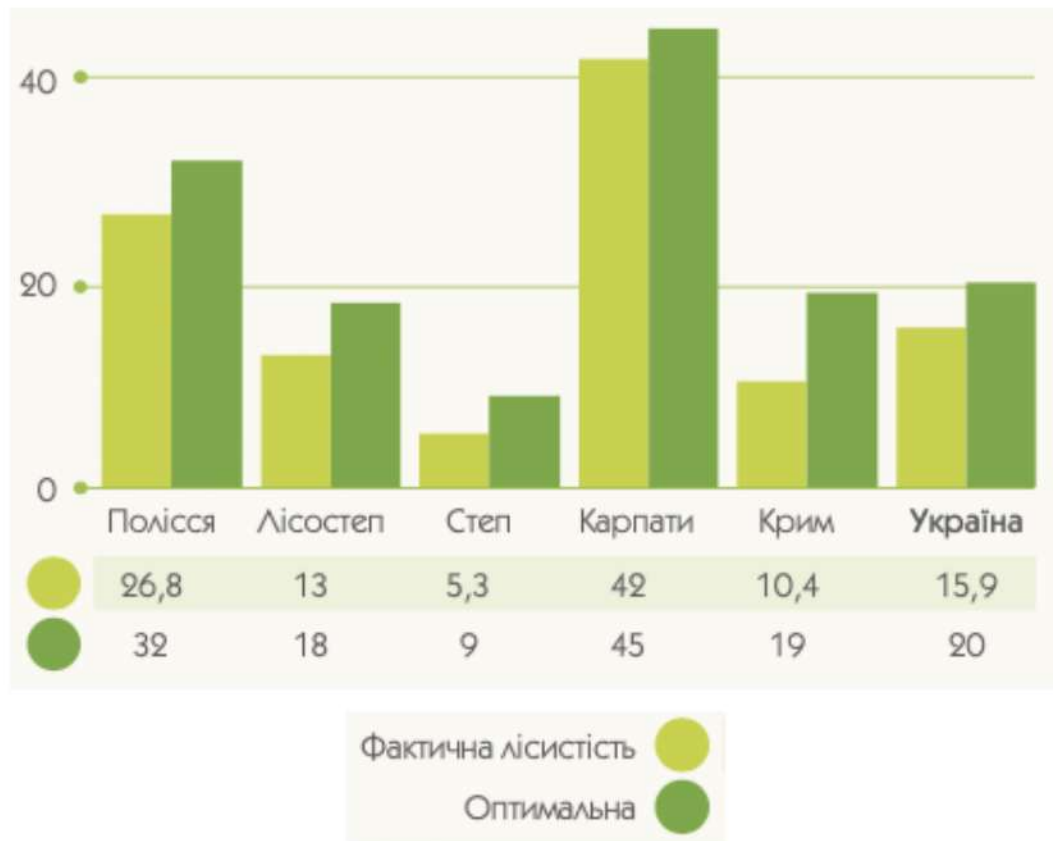


Рисунок 1.1 – Лісистість території України за природними зонами, % [2]

На рисунку 1.2 показана лісистість України у розрізі адміністративно-територіальних одиниць станом на 2019 рік.



Рисунок 1.2 – Лісистість України у розрізі адміністративно-територіальних одиниць, % [2]

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

9

Поступове збільшення запасів призводить до збільшення екологічного та економічного потенціалу.

Щодо лісистості Сумської області, то ліси області розподілені нерівномірно, це пов'язано з тим, що північна частина області розташована в зоні Полісся, де зосереджені найбільші лісові запаси. У лісах найбільш поширені хвойні та листяні породи: сосна, ялина, дуб, явір, клен, ясен. Вагома частина листяних порід зосереджена в Лебединському, Охтирському, Краснопільському, Роменському, Сумському, Тростянецькому лісгоспах. Група хвойних порід приурочена переважно до півночі області. Домінуючою різноманітністю порід цієї території є сосна звичайна, ялина та модрина. Мінімальну частину порід займають листяні породи, серед яких береза, вільха чорна, осика, липа, тополя, верба. Найбільші площі посіву цих порід знаходяться у Конотопському районі.

За районуванням територія лісництва відноситься до зони Лівобережного Лісостепу. Клімат території лісництва помірно континентальний, з оптимальною кількістю опадів. За характером рельєфу лісництво відноситься до низинних лісів. Східна частина якого розділена річковими долинами, ярами та балками. Основні види ґрунтів на території: сірі лісові, дерново-підзолисті, болотні.

Сумському лісовому господарству було надано у постійне користування 26693,4 га лісових угідь, з яких 24454,8 га вкриті рослинністю.

До складу всієї площі лісового фонду входять: 4058,0 га – ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення, 21109,4 га – рекреаційно-оздоровчі, 1520,0 га – захисні (рис. 1.3).

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

						ТС 18510215	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата			10



Рисунок 1.3 – Розподіл земель лісового фонду України, га [3]

Вкриті рослинністю землі за різноманітністю порід (рис 1.4):

- хвойні – 3639,6 га, або 14,9 %;
- твердолистяні – 17527,9 га, або 71,7 %;
- м'яколистяні – 3267,3 га, або 13,4 %.

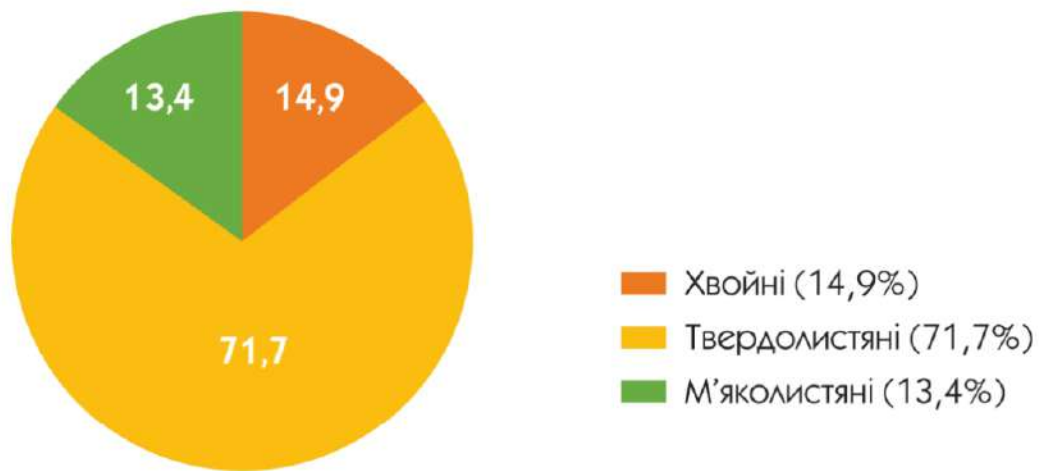


Рисунок 1.4 – Вкриті рослинністю землі за різноманітністю порід, %

За віковою структурою (рис. 1.5) насадження поділяються на:

- молодняки – 2033,8 га, або 8,3 %
- середньовікові – 13218,0 га, або 54,1 %
- пристигаючі – 3899,9 га, або 16,1 %
- стиглі і перестійні – 5283,1 га, або 21,6 %

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

11

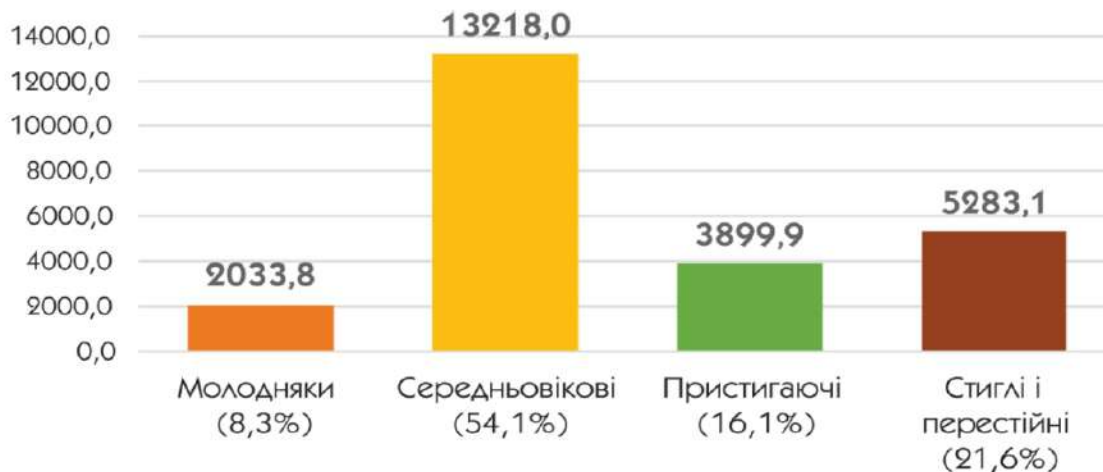


Рисунок 1.5 – Різновид лісового фонду за віковою структурою на територіях, га

Запас лісових масивів становить 7 863 240 м³, або на 1 га – 322 м³.

Розмір користування земель вкритих лісовою рослинністю протягом року на 1 га земель становить 2,57 м³, а приростає щорічно на кожному гектарі 4,1 м³, тобто лігосп веде раціональне, невиснажливе господарювання.

1.2 Типи та характеристика відходів лісового господарства

Одним з найдавніших видів господарської діяльності, є виготовлення паперу й деревини. З розвитком людства потреба у деревині для будівництва, побуту та техніки зростає. З удосконаленням технічного прогресу деревину почали використовували у створенні верстатів, млинів, суден, автомобілів та літаків.

З часом її витіснили альтернативні матеріали: металічні та хімічні. Але все одно вироби з деревини мають вагоме значення як матеріал для конструкцій. Більшість виробів виготовляють з деревини: меблі, спортивні снаряди, музичні інструменти, будівельні деталі. На жаль досі ще не змогли впровадити масово недеревну сировину для виготовлення паперу.

З кожним роком удосконалюються методи обробки деревини, але всі вони ґрунтуються на давніх принципах. Тяжку ручну працю змогли замінити верстатами.

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

ТС 18510215

Арк

Вип Арк № докум. Підп Дата

12

Переробку деревини поділяють на: механічну та хімічну.

- механічна обробка вносить зміни в форми та об'єм деревини без хімічного впливу. Найчастіше механічну обробку здійснюють у вигляді різання, в ході якого відбувається розділення деревини на видалення зайвого матеріалу та створення заготовки. Інші способи – стругання, свердління, обточування та шліфування. Під час механічної обробки деревини залишається багато відходів: кора, гілки, тирса, стружка. Рідше використовують пресування та гнуття;

- хімічна обробка передбачає застосування хімічних речовин для зміни в хімічній структурі деревини. В ході процесу отримують нові хімічні речовини такі як: (целюлозу, папір, спирти, оцет), в результаті цього вилучають з деревини хімічні речовини (олії, смолу).

Лісова промисловість – порядок визначених процесів які спрямовані на механічну та хімічну переробку деревини.

Структура та особливості розміщення лісової промисловості

У лісовій промисловості обробка деревини проходить у кілька послідовних етапів, що включає в себе декілька виробництв, які виконують переробку деревини різними способами. Продукція або відходи попереднього виробництва є сировиною для наступного. Так в ідеалі відбувається комплексна переробка деревини.

Лісозаготівля є початковою ланкою процесу обробки, яка займається рубкою та транспортуванням деревини. Природно, це виробництво має тенденцію до надлишків лісових площ. З появою новітнього обладнання лісозаготівля змінила сезонний цикл робіт на річний, оскільки знизився відсоток явних перепон.

Після того як матеріал буде доставлено починається обробка деревини (рис. 1.6). Початковий процес переробки відбувається в лісопильному та стругальному виробництві. На лісопильнях колоди розпилюють на дошки і бруски. Виробництво є матеріаломістким, тому лісопильні підприємства розташовані на лісозаготівельних ділянках. Але їх також можна знайти в інших областях з

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

13

акцентом на легкість доступу. Рентабельним рішенням є розміщення компаній на перетині річок і залізниць. В цілях заощадити на зайвому транспортуванні, матеріал сплавляли річкою, розпилювали на дошки, які потім залізницею доставляли споживачам. Лісопильна промисловість складає близько 40% маси відходів усєї лісової галузі: кори, гілок, тирси.

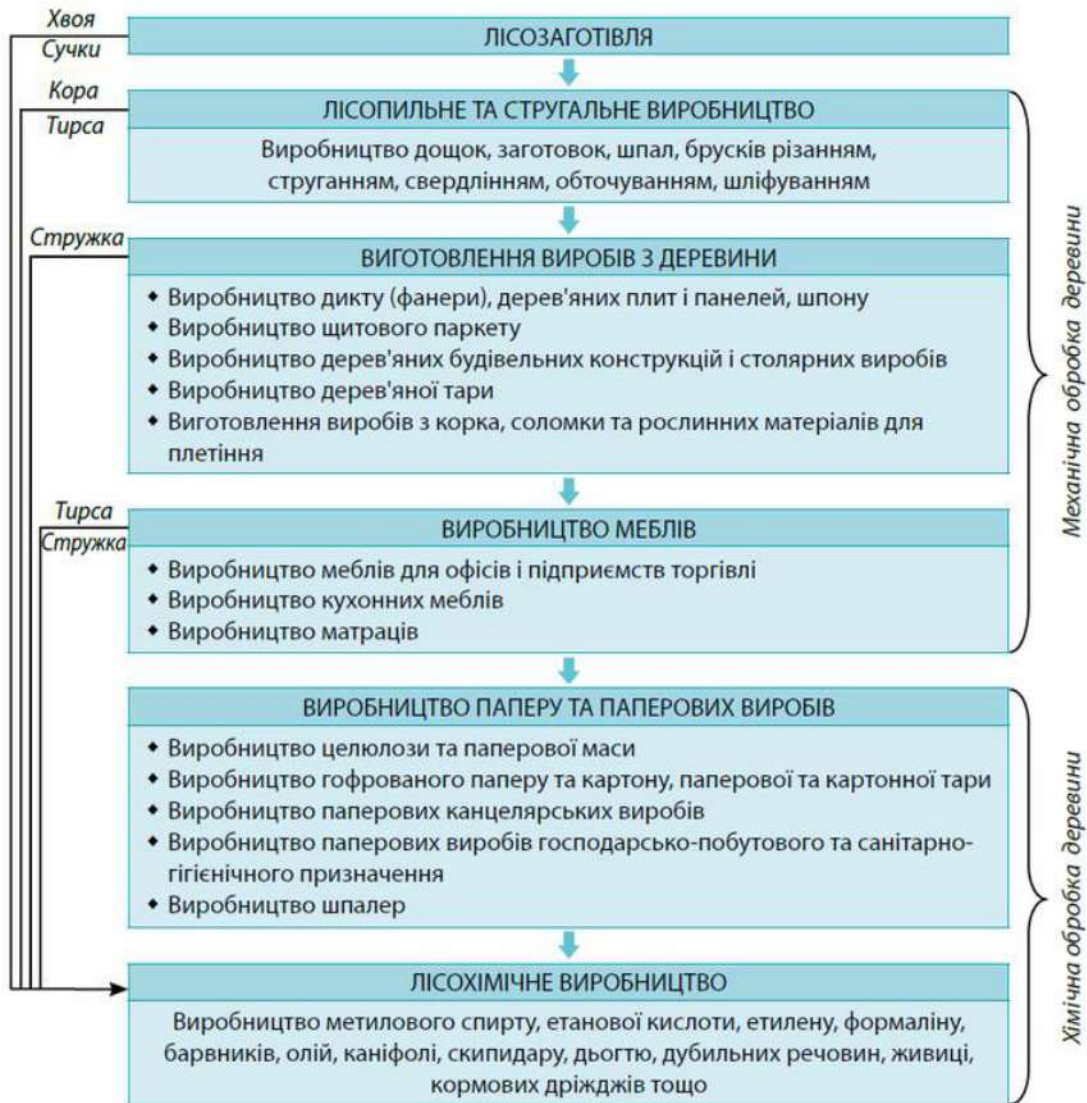


Рисунок 1.6 – Процес обробки деревини

Деревна біомаса – це відходи деревини, які споживаються в процесі її переробки, від початку лісозаготівлі до кінцевого продукту. До деревної біомаси відносять відходи деревини, деревні відходи, деревні зелені відходи, відходи землі.

Відходи бувають в грудках (наприклад, дрова), сипучих (наприклад, технологічна тріска) або в м'якій формі (наприклад, машинна стружка, тирса,

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

14

відходи деревини). Частину деревних відходів використовують без додаткової технологічної обробки, частину переробляють на технологічну тріску за допомогою дробильної машини, а потім спалюють або використовують для виробництва паливних брикетів.

У більшості країні для виробництва електроенергії відходів деревини, є тепловіддача такого палива з деревної маси, дуже схожа на звичайне традиційне паливо, наприклад, одну тонну вугілля можна замінити на 4,2 куб. м таких відходів. Одним із найпростіших способів утилізації деревної біомаси є пряме спалювання енергії. Істотними перевагами деревного палива є його екологічність: деревина не містить вмісту, хлору та інших шкідливих елементів. З іншого боку, невикористана деревна біомаса стає значущою небезпекою, розкладаючи природну атмосферу, атмосферу, забезпечує до викиду метану у повітря, забруднення річок та загибелі флори і фауни. Використання деревної біомаси для видобутку енергії створює джерела економії, тому вони практично на місці їх споживання і не споживають витрати на транспортування.

Процес вжитку відходів деревини може супроводжувати всі етапи виробництва та технологічну переробку деревини і, як правило, потребує таких етапів: збирання відходів, транспортування до місць їх утилізації, та результати, використання відходів з кінцевим продуктом.

Щоб отримати енергетичний ефект (тепло, пара, електроенергія) від утилізації деревних відходів, найкраще їх спалювати.

У межах від джерел деревної біомаси показники, які мають її властивості, можуть значно відрізнятись, що ускладнює їх ефективне використання для виробництва. Щоб уникнути цього недоліку, а також у ситуації, кількість утворення деревної біомаси збільшить потребу в ній, можна використовувати технологію брикетування.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

15

1.3 Хімічні властивості деревини

Основним елементом деревини є органічні речовини. Майже для всіх порід хімічний склад зостається без змін. У середньому деревина висушена при 103 С вважається сухою і містить, %:

- вуглець С - 50;
- О₂ -43 кисень;
- водень Н - 6,3;
- азот N - 0,04-0,2;

мінеральні сполуки, комбінації Ca, K, Na, Mg, P, S тощо 0,3-1,2 (які визначаються при спалюванні деревини). Частина сполук розчиняється у воді: поташ K₂CO₃ і сода Na₂CO₂, з нерозчинених – солі кальцію (CaCO₃ – вуглекислий вапно).

- Клітинні стінки деревини складаються з органічних сполук, якими є: целюлоза, лігнін, геміцелюлоза.

- У деревині хвойних порід вищий вміст целюлози, а листяних – пентозанів.
- Деревина ранньої зони містить більше целюлози, ніж деревина пізньої зони.

У гілок на 3-10% менше клітковини, ніж у стовбурі. Найбільше мінеральних сполук зосереджено в корі, і менше целюлози. Кора містить суберин.

Елементарний хімічний склад деревини різних порід практично однаковий. У середньому в деревині міститься: вуглецю - до 50%, кисню - 43-44%, водню - 6,3% і азоту 0,04-0,26% і зольних елементів (після згоряння) оксидів калію, натрію, магнію, кальцію, сірки, кремнію. від 0,03 до 1,2%. Деревина складається зі складних органічних сполук. Серед них: целюлоза, лігнін і суберин (рис. 1.7).

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

ТС 18510215

Арк

16

Вип Арк № докум. Підп Дата

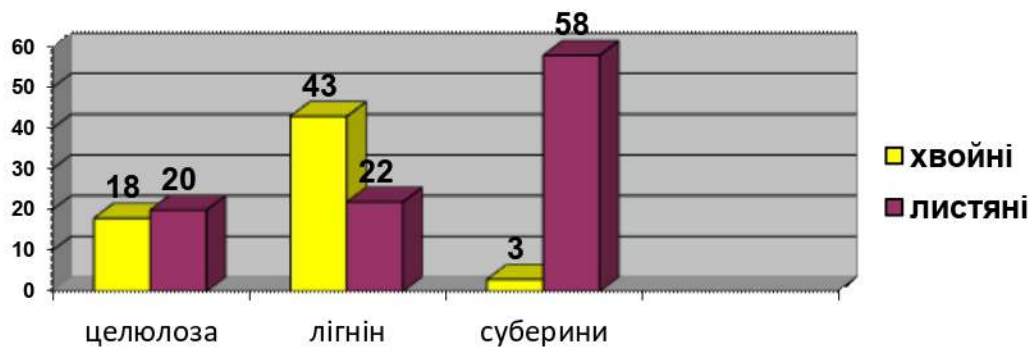


Рисунок 1.7 – Середній вміст органічних сполук у деревині, %.

Целюлоза тісно пов'язана з лігніном у структурі клітинної стінки. Для відділення целюлози від лігніну застосовують хімічні способи варіння деревини в розчинах мінеральних кислот.

Кора містить більше мінеральних сполук, ніж деревина, і менше целюлози, ніж деревина. На відміну від деревини, кора також містить суберин.

Кора сосни звичайної містить 18% целюлози, 43% лігніну, 3% суберину [4]. У корі дубової пробки вміст цих речовин відповідно 20, 22 і 58%. З кори багатьох деревних рослин виготовляють дубильні екстракти (верба, ялина, модрина), лікарські засоби (крутина), кору (корковий дуб, амурський оксамит).

Целюлоза — біла органічна сполука з щільністю 1,53...1,58 г/см³. За хімічною природою це багатоатомний спирт, що має в молекулах групи CH₂OH і СНОН. Це стабільна органічна речовина, нерозчинна у воді, спирті та ацетоні.

У деревині гілок вміст целюлози на 3-10% менше, ніж у стовбурі [4].

Геміцелюлоза. До групи геміцелюлоз належать вуглеводи, нерозчинні у воді, але розчинні в мінеральних розчинах. Залежно від породи дерева їх вміст у деревині становить від 18 до 35%. Швидка розчинність геміцелюлози зумовлена меншою довжиною її макромолекул (ступінь полімеризації до 200) і низькою молекулярною масою на відміну від целюлози. Пентозани (C₅H₈O₄) n і гексозани (C₆H₁₀O₅) n виявлені в клітинній стінці деревини з цієї групи полісахаридів.

Вони легко гідролізуються і розчиняються в лугах, утворюючи прості цукру.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

17

Пектинові сполуки. З пектинових сполук утворюються оболонки молодих клітин. У старих клітинах пектин перетворюється на геміцелюлозу. У деревині хвойних порід міститься 4-6% пектину, а листяних - 6-8%. При виготовленні паперу пектинові сполуки сприяють склеюванню паперової маси, що підвищує її міцність і якість.

Лігнін є ароматичною сполукою, хімічна природа ще мало вивчена і застається таємницею. Хімічна формула лігніну: $C_{30}H_{29}O_6(OH)_5(OCN_3)_4$.

Лігнін є майже найпоширенішим полімером на землі, який займає значну роль у природному кругообігу вуглецю. Утворився в процесі еволюції рослин при зміні водного середовища на наземне життя, щоб забезпечити захист та стійкість стебел і стовбурів.

Речовина розміщується в міжклітинному просторі і клітинних стінках рослин і зв'язує волокна целюлози. Разом з геміцелюлозами він визначає механічну міцність стовбурів і стебел, також забезпечує герметичність клітинних стінок.

Лігнін міцно входить в структуру рослинної тканини, і його видалення звідти промисловими методами є дуже складним інженерним завданням.

Протолігнін - міститься всередині рослини в природному вигляді. Технічні форми, отримані шляхом вилучення з рослинної тканини в лабораторних умовах під час різних фізико-хімічних досліджень. Лігнін та його хімічно модифіковані форми є відходами біохімічного виробництва. Молекулярна маса лігніну зменшується в кілька разів, а його хімічна активність зростає при фізико-хімічній обробці рослинної тканини.

У гідролізній промисловості отримують порошок так званого гідролітичного лігніну. При виробництві целюлози утворюються водорозчинні форми лігніну. Існують дві основні технології приготування целюлози, більш поширена сульфатна (лужна) і рідше використовується сульфітна (кислотна). Лігнін отримують у сульфатному виробництві, так званий сульфатний лігнін значною мірою використовується на електростанціях целюлозних заводів.

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

В результаті виробництва сульфітів створено розчини сульфітного лігніну, частина яких зберігається в лігносховищах, а частина йде зі стічними водами підприємства.

Більшою чи меншою мірою лігнін використовується самими виробниками, але гідролізований лігнін, сульфатний лігнін і лігносульфонати також присутні на ринку як товарна продукція. Для технічних лігнінів не існує міжнародних стандартів, вони поставляються відповідно до різних заводських специфікацій.

У хімічному розумінні лігнін — поняття умовне й узагальнююче. Так само, як немає двох однакових людей, немає двох людей, які мають однаковий лігнін. В склад молекули лігніну входять атоми кисню, вуглецю і водню [5].

Молекула лігніну досить велика і має велику кількість функціональних груп. Загальноприйнятою структурною одиницею лігніну є фенілпропан (C_9H_{10}), а відмінності зумовлені різницею функціональних груп.

Лігнін - це складний тривимірний сітчастий полімер, який має ароматичну природу, що виник в результаті поліконденсації декількох монолігнолів - коричних спиртів. За нормальних умов лігнін дуже погано розчиняється у воді та органічних розчинниках. В навколишньому середовищі лігнін бере участь у різноманітних хімічних реакціях і перетвореннях. Має біологічну активність.

Лігніну притаманні пластичні властивості при високих тисках і температурах, особливо у зволоженому стані.

Лігнін практично не засвоюється при травленні у вищих тварин; в природі його утилізацією займаються різні комахи, дощові черв'яки, гриби, комахи і бактерії. Головну роль у цьому процесі відіграють гриби-базидіоміцети. До яких відносяться більшість грибів що розкладають листових опад, та живуть як на живих, так і на мертвих деревах. Серед лігнінолітичних грибів є їстівні (опеньок, глива, печериця).

Руйнування полімерного лігніну відбувається за рахунок ферментів-оксидоредуктаз грибів. До цих ферментів насамперед відносять лігнінолітичні пероксидази: лігнінпероксидазу і Mn пероксидазу, а також позаклітинну оксидазу

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

19

лакказу. Аналогічно, лігнінолітичний комплекс грибів містить допоміжні ферменти, насамперед продукують перекис водню для перекису та активного кисню. Основним продуктом розпаду лігніну в природі є гумус. Розпад лігніну в природних умовах відбувається за рахунок - целюлози і геміцелюлози.

Щорічно у світі виробляється близько 70 млн т технічного лігніну. Енциклопедії говорять, що лігнін є цінним джерелом хімічної сировини. На жаль, поки що ця сировина не дуже і не завжди доступна організаційно, економічно та технічно. Наприклад, розкладання лігніну на простіші хімічні сполуки (фенол, бензол та ін.) із порівнянною якістю одержуваних продуктів є дорогим за їх синтез з нафти чи газу. За даними Міжнародного інституту лігніну, у світі в промислових, сільськогосподарських та інших цілях використовується не більше 2% технічного лігніну. Останнє спалюється в енергетичних установках або захоронюються в могильниках.

Складність промислової переробки лігніну полягає в тому ,що необхідно змінити його властивості в результаті хімічного або термічного впливу. Як зазначалося вище, відходи підприємств містять не природний протолігнін, а значно модифіковані лігніновмісні речовини або суміші речовин з високою хімічною та біологічною активністю. Крім того, вони забруднені іншими речовинами. Відвали лігніну мають неприємну схильність до самозаймання з виділенням сірки, азоту та інших шкідливих сполук, а гасіння їх вкрай утруднене через їх великі розміри та особливості процесу горіння. Таким чином, технічні лігніни все ще є значною і постійно зростаючою негативною величиною.

Склад золи лігніну: Al_2O_3 - 1%; SiO_2 - 93,4%; P_2O_5 - 1,5%; CaO - 1,5%; Na_2O - 0,3%; K_2O - 0,3%; MgO - 0,3% ; TiO_2 - 0,1%.

Лігнін нетоксичний, має хорошу сорбційну здатність. У сухому вигляді - легкозаймиста речовина, у вигляді розпилення може бути вибухонебезпечним. Вміст твердого вуглецю до 30%. Теплотворні можливості сухого лігніну становлять 5600-6600 ккал / кг ця цифра дуже близька до звичайного палива (7100 ккал/кг). Температура запалення лігніну 190 °С, температура самозаймання 420°С

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

і температура розпаду 185 °С. нижня межа поширення полум'я 40 г/м³; максимальний тиск вибуху 710 кПа; гранична швидкість підвищення тиску 35 МПа/с; мінімальна енергія запалювання 20 мДж; мінімальний вміст вибухонебезпечного кисню 17%. Таким чином, його використовують для виробництва паливних брикетів, як у суміші з тирсою, так і вугільним пилом.

А ось добування біогазу з відходів деревини, на сьогоднішній день в широке практичне застосування не застосовується. Поки що ведуться інтенсивні дослідження в цій галузі. Лігнін став перешкодою в цьому процесі, але на сьогоднішній день уже виведені нові штами бактерій та грибів які здатні розкласти його на більш простіші сполуки, для подальшого його перетворення в біогаз [6]. Ця тематика є пріоритетною на сьогоднішній день, але закритою для широкого загалу. І тому не висвітлюється в засобах масової інформації. Але давайте до цього процесу підійдемо теоретично. Ми бачимо який потенціал є у деревини – це і маса відходів і можливість висаджувати спеціальні насадження енергетичних дерев і чагарників. От уявімо що ми змогли підготувати деревину, спочатку подрібнили її а потім розклали лігнін, ну і звичайно целюлозу і геміцелюлозу і утворились сполуки, які тепер можуть переробляти метаноутворюючі бактерії.

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510215	Арк
						21
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата		

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

2.1 Біогаз, його походження

Біогаз – являє собою горючий газ, який утворюється при розкладанні органічних відходів у безкисневому просторі, і складається в основному з метану (55-75%) і вуглекислого газу (25-45%) і невеликої кількості супутніх газів (менше 1 %).

Для виробництва біогазу доцільно використовувати побутові відходи та органічні відходи тваринного походження, також дуже добре підходять енергетичні культури, такі як трав'яний силос, кукурудзяний силос, зернова солома, некондиційне зерно тощо. В одній біогазовій установці субстрат може варіюватися від одного до більше десяти.

Процеси розкладання ба бродіння органічних відходів чудово реалізуються в газо- та водонепроникних герметичних переважно циліндричних контейнерах, в яких повинен забезпечуватись постійний температурний режим і здійснюється перемішування. Принцип роботи біогазової установки наведений на рис. 2.1.

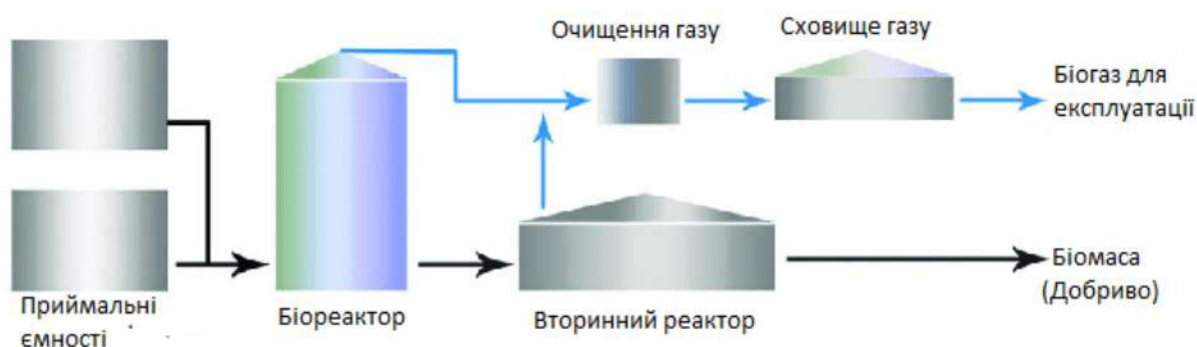


Рисунок 2.1 – Принципова схема біогазової станції.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата			

ТС 18510215

Арк

22

Найпоширенішими видами органічних відходів та сировини для виробництва біогазу є:

- гній великої рогатої худоби, свиней
- послід з курей, гусей, качок
- відходи цукру, спирту, пивоварень (м'якоть, патока, пивні гранули, спиртова барда тощо)
- силосні культури
- солома злаків
- відходи молокозаводів тощо.

Біогазова установка може бути безпосередньо представлена на заводі агропромислового сектору (тваринницька ферма або переробний завод), для утилізації побічних продуктів / відходів процесу діяльності підприємства. Також часто можна зустріти біогазову установку яка була спроектована в зручному місці для обслуговування одразу декількох заводів або підприємств. В такому випадку об'єкт знаходиться або на одному з підприємств, що постачають органічні відходи для біогазової установки, або окремо від усіх в залежності від того як дозволяє розташування на місцевості. Деякі установки проектуються та продаються як енергетичний об'єкт, для якого цілеспрямовано вирощують сировину (зазвичай кукурудзу на силос).

Можна виділити декілька установок залежить від ряду факторів, таких як технологія, обладнання, попередня підготовка сировини, матеріалів для будівництва основних об'єктів і, звичайно, від кліматичних особливостей місця розташування біогазової установки.

Високоякісне біодобриво є побічним продуктом виробництва біогазу яке вже готове до внесення в ґрунт та чудово сприяє відновленню родючого шару ґрунту, швидко засвоюються рослинами, не містить патогенної мікрофлори та насіння бур'янів.

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

						ТС 18510215	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата			23

2.2 Процес утворення біогазу в природі

Процес газоутворення – це так зване метанове бродіння. Метою такої діяльності є анаеробне бродіння (без доступу повітря), яке відбувається внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів і супроводжується рядом біохімічних реакцій. Власне, процес газоутворення (біогазу) складається з двох етапів: перша — розщеплення мікроорганізмами біополімерів на мономерні, друга — переробка мікроорганізмами мономерних біомолекул.

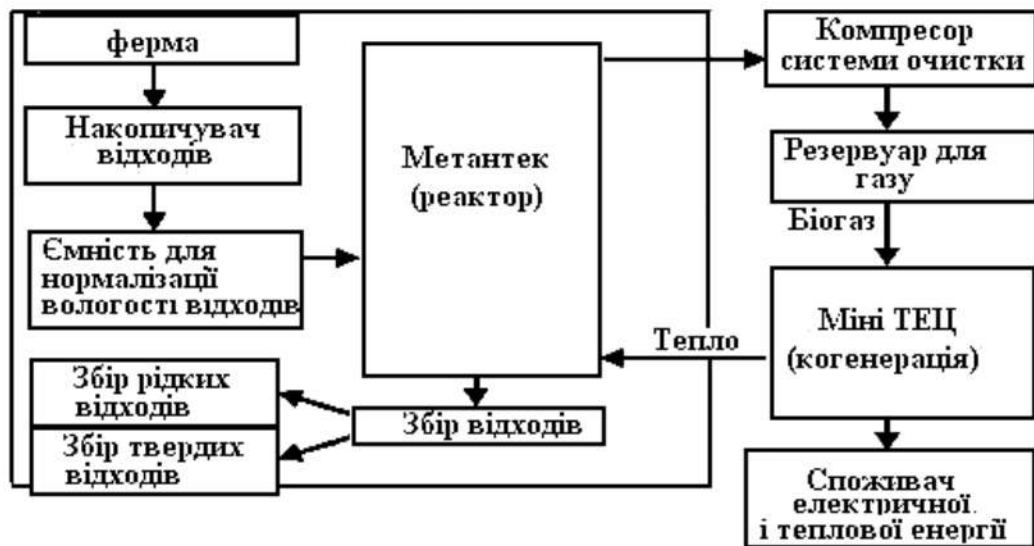


Рисунок 2.2 – Процес утворення біогазу

Перший етап – досить енергетично несприятливий процес, внаслідок якого виділяється недостатньо вільної енергії, яка могла б харчуватися мікроорганізмами, тому для успішного проходження цієї стадії необхідно підтримувати умови для успішного розвитку мікрофлори.

Друга стадія — це процес окислення утворених мономерних молекул, звичайний природний окислювально-відновний процес. Але за відсутності стандартного окислювача цього процесу (кисню) спостерігається диспропорція в ступенях окиснення атомів, присутніх у молекулах (сірка, азот і вуглець). В результаті отримуємо потрібний метан (CH_4) і домішки газів, які вважаються некорисними, а також шкідливими: CO_2 , NH_3 , H_2S . У промисловому виробництві

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

24

три згадані гази-домішки (домішка аміаку не може бути високою, оскільки вона зв'язується в солі з двома іншими газами-домішками) розділяються або за допомогою мембранного методу (видалення азоту та CO₂), або шляхом пропускання сирого біогазу під тиском через воду, яка розчиняє CO₂ і H₂S. У домашніх умовах для поглинання CO₂ можна використовувати розчин харчової соди або водну суспензію крейди (дешевше). У першому випадку розчин може випадати в осад менш розчинної харчової соди (бікарбонату), у другому крейда буде частково розчинитися з утворенням гідрокарбонату кальцію. В обох випадках осад (розчин) регенерується шляхом нагрівання («кальцинація» содового осаду або кип'ятіння розчину), але в другому випадку крейда може утворюватися у вигляді щільного шару (окалини), що ускладнюється для повторного використання.

Необхідність регенерації абсорбера CO₂ може бути визначена втратою ефективності поглинання: зниженням теплотворної здатності газу або утворення шламу при проходженні через вапняну воду (осад розчиняється в надлишку CO₂, крім того, цей метод дозволяє виявити дуже невеликі домішки CO₂, тобто вимагає певного досвіду). Сірководень логічніше зв'язувати в самій реакційній масі, оскільки він покращує її як добриво, додаючи гідратований оксид заліза (іржу) або просто дрібну залізну стружку. Видалення CO₂ можливо також за допомогою полімерних мембран.

Сірководень виявляють, пропускаючи газ через розчин мідного купоросу (мідного купоросу): при його присутності в газі випадає чорний осад CuS.

Для «запуску» біореактор необхідно довести до робочої температури, тому для роботи в умовах холодного клімату необхідно забезпечити початковий обігрів і ізоляцію (для бактерій з пташиного посліду зазвичай вища температура, оскільки у птахів нормальна температура тіла вище 40 °C).

Якщо на початку роботи в біореакторі залишиться значний обсяг наповненої повітрям вихідної суміші, це може бути вибухонебезпечним. Для запобігання поширенню детонації по трубі в ферментер (біореактор) крім гідрозатвору, який

Підп. і дата
Інв.№доубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№пооди.

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

25

може поєднувати функцію CO₂-пастки, ближче до вихідного отвору в трубі можна розмістити пучок тонкого мідного дроту. Принцип гасіння детонаційної хвилі на мідному дроті полягає в поглинанні і розсіювання теплової енергії. Ця ідея була використана в освітлювальних приладах, розроблених Майклом Фарадеєм для шахт, в яких повітря надходив через мідну сітку (у сучасних газових лампах ця властивість не настільки критична, тому сітка часто залізна). Для виявлення кисню в газі можна використовувати кольорові реакції з NO або одновалентними сполуками міді.

Біогаз, отриманий з відходів тварин і птахів, може замінити 6 млрд м³ природного газу в Україні, але його виробництво потребує значних інвестицій із терміном окупності 4-5 років. Китай планує за кілька років збільшити виробництво біогазу до 100-120 млрд м³. Річна потреба України в споживанні становить 10 млрд м³ природного газу.

2.3 Чинники, що збільшують вихід біогазу з відходів деревини

Розпад органічних речовин в метантенках є складним анаеробним процесом деструкції органічних речовин, здійснюваним в результаті життєдіяльності мікроорганізмів. Окислювально-відновлювані реакції що протікають за рахунок ферментативного розщеплювання складних органічних сполук визначає безліч чинників тих, що впливають на протікання процесу метанового зброджування. До них відносяться: властивості сировини, температурні умови протікання процесу, наявність достатнього живильного середовища, значення водневого показника при протіканні процесу, час протікання процесу, інтенсивність перемішування і ряд інших технологічних параметрів і конструктивних чинників [7].

Склад сировини і його властивості роблять сильний вплив на хід процесу анаеробного зброджування і на вихід біогазу. Однією з таких властивостей є свіжість зброджуваної сировини. При тривалому зберіганні органічних відходів сільськогосподарського виробництва змінюється їх склад і властивості, оскільки

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	ТС 18510215	Арк
	26										

вони є сприятливим середовищем для життєдіяльності різних видів як аеробних, так і анаеробних мікроорганізмів. Характерною ознакою розкладання органічної речовини, є зміст летючих жирних кислот (ЛЖК). При розкладанні сухої органічної сировини (COB) збільшується зміст кислот, змінюється рН середовища. Підвищений вміст ЛЖК свідчить про те, що початкова сировина є вже не свіжою і при завантаженні його в метантенк може робити несприятливий вплив на процес, а саме: знижує рН середовища в метантенку, змінює оптимальне співвідношення мікроорганізмів, унаслідок чого може порушитися нормальний хід процесу зброджування. Різке підвищення змісту ЛЖК в завантажений біореактор сировини викликає зниження продукції біогазу і пониження вмісту в ньому метану.

У відходах присутні найрізноманітніші тверді частинки. Такі тверді речовини, як пісок, цемент, глина і ін., щільність яких вище за щільність рідкого гною «опускаються» на дно, що обумовлює утворення осадку, інші матеріали флотують і утворюють кірку на поверхні зброджуваного субстрату. Все це приводить до зменшення газоутворення.

Для ефективного здійснення процесів мікробної трансформації субстрату в біогазі необхідне забезпечення активного масообміну між твердою, рідкою і газоподібною фазами і бактерійною кліткою. Цей процес здійснюється в основному за рахунок примусового перемішування субстрату. При цьому розмір частинок твердого матеріалу повинен бути якомога менше. Мінімумально можлива вологість оброблюваної маси не повинна бути нижче 85% і вище 97 %, тобто зміст сухої органічної речовини повинен бути в межах 3-15%. Оптимальним вважається зміст сухої речовини 8-10%. Питомий вихід біогазу при вологості 92-96% змінюється незначно. При цьому виявили, що при збільшенні концентрації сухої речовини (а отже, в'язкості субстрату) переміщення його по трубопроводах затрудняється, що погіршує експлуатаційні показники установки. Оптимальне значення вологості складає 92-94% .

Активність мікробної реакції при розмноженні бактерій в процесі анаеробного зброджування значною мірою визначається співвідношенням вуглецю і азоту.

Інв.№породл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	-------------	------------	--------------

Початкова сировина для метанового бродіння відрізняється великою різноманітністю і має різні співвідношення C:N. Критерієм оптимальності співвідношення C:N в дослідженнях звичайно є вихід біогазу. Якщо співвідношення C:N в сировині надмірно велике, то недолік азоту обмежує процес метанового зброджування, якщо ж вказане співвідношення надмірно мале, то в процесі зброджування утворюється така кількість аміаку, що він стає токсичним для бактерій. Оптимальне співвідношення C:N від 10 до 30. Для досягнення оптимального співвідношення C:N змішують різні відходи, одержуючи при цьому вищий вихід біогазу

Температура - один з найбільш важливих параметрів тих, що визначають швидкість процесу і продуктивність анаеробних реакторів. Відомо, що метанове бродіння може протікати в діапазонах температур від 0 до 97°C [8]. Проте на практиці використовують наступні режими роботи реакторів: психрофільний (20 °C), мезофільний (20-45°C) і термофільний (50-65°C). Метанові бактерії мезофільного і термофільного режимів представлені різними видами, проте це не впливає на якісний склад продуктів, що утворюються. Оптимальна температура для мезофільного процесу складає 32-33°C, для термофільного - 52-54°C . Останніми роками знаходить застосування так званий термотолерантний режим 39-42°C. Чим вища температура, тим вище швидкість біохімічних процесів , тобто найбільш продуктивним є термофільний режим, який має ряд недоліків, основною з яких є додаткова витрата енергоресурсів для підтримки процесу. Крім того, цей режим менш стабільний в порівнянні з мезофільним. Так, при роботі в мезофільному режимі при 38°C допустиме значення коливання температури складає +2,8°C, при роботі в термофільному режимі при 52±0,3°C. Тому, велика кількість анаеробних реакторів в даний час працює при 30-40°C, що забезпечує прийнятні швидкості очищення, відносну енергетичну вигідність і стабільність процесу за рахунок існування досить великої кількості видів мезофільних мікроорганізмів. Вихід біогазу в термофільному режимі на 15-20% вище, ніж в мезофільному.

Підп. і дата									
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.								
Підп. і дата									
Інв.№покл.									
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	ТС 18510215				Арк
									28

Перемішування зброджуваної маси забезпечує в метантенках контакт мікрофлори з живильним середовищем, рівномірний розподіл мікроорганізмів в об'ємі, змішення початкового субстрату з вже збродженим, запобігає перегріву ферментної маси поблизу нагрівальних елементів. Перемішуванням забезпечується рівномірність температури за всім обсягом біореактору, запобігає утворення кірки на поверхні субстрату, випадання в осад піску і тим самим поліпшується газоутворення і інтенсифікація процесу зброджування.

Тому необхідно визначити оптимальні значення основних параметрів інтенсивності перемішування - тривалості і частоти, при яких не відбувається порушення діяльності метанових бактерій. Швидкість руху субстрату при перемішуванні не повинна бути вище 0,5 м/с. Рекомендується перемішування маси проводити через кожні 5-8 годин тривалістю 20 хв [4].

Інгібіторами процесу є ряд речовин, які можуть надавати дію, що перешкоджає процесу метанового зброджування, причому токсичність їх по відношенню мікроорганізмам виявляється тоді, коли вони знаходяться в розчині. При переході в нерозчинний стан їх токсична дія припиняється, оскільки в цьому випадку речовини не можуть проходити крізь стінки мікроорганізмів.

При погіршенні процесу бродіння пов'язаного з наявністю в зброджуваному субстраті розчинених з'єднань важких металів і зменшенням газоутворення, пропонують в метантенк вводити деяку кількість сульфатів або сульфідів, при цьому утворюються нерозчинні з'єднання металів і коректування процесу досягається протягом декількох днів.

Біогаз виникає при розкладанні органічної субстанції (надалі скорочено - органіка) бактеріями. Різні групи бактерій розкладають органічні субстрати, що складаються переважно з води, білка, жиру, вуглеводів і мінеральних речовин на первинні складові - вуглекислий газ, мінерали і воду, як продукт обміну речовин, при цьому утворюється суміш газів, що одержала назву біогаз. Пальний метан (CH₄) складає від 50 до 85% і є основним компонентом біогазу, а значить і основним

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

29

енергомістким компонентом. Такий процес розкладання можливий лише в анаеробних умовах, тобто тільки при відсутності проникнення кисню [9].

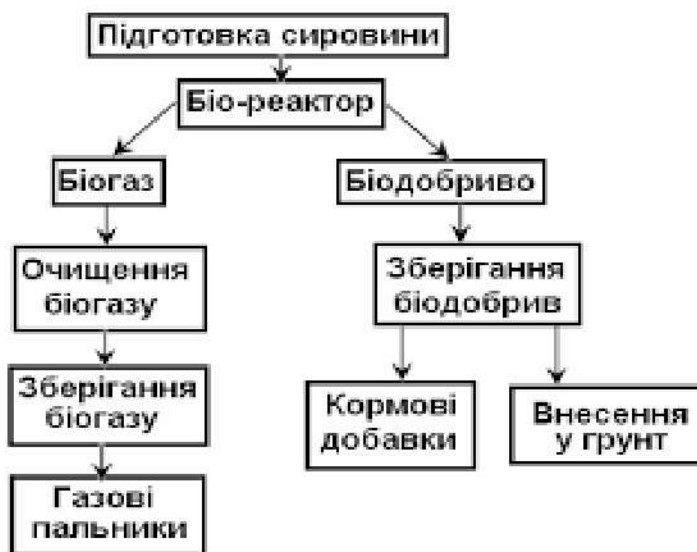


Рисунок 2.3 – Використання продуктів переробки відходів у біогазовій установці

В результаті анаеробного процесу енергія, що виділяється не втрачається у вигляді тепла при компостуванні, завдяки діяльності метанобактерій вона перетворюється на молекули метану. Газ метан, що міститься в біогазовій суміші, має енергетичну цінність 10 кВт на м³ (відносно чистого метану) і є таким же газом, як і природний газ. Якщо суміш газів перетворюється в електричний струм генератором, то його ККД, наприклад, 35% від 10 кВт брутто – це 3,5 кВт електричного струму, який можна безпосередньо подати в мережу [9].

Найчастіше фермери будують біогазові установки заради того щоб отримати автономне джерело живлення. Особливо таким установкам надають перевагу власники господарство яких знаходиться у густонаселених районах. Іноді будівництво біогазової установки підштовхує до збільшення розмірів ферми (збільшення поголів'я худоби). З екологічної точки зору, для еко-підприємств представляє великий інтерес можливість перетворювати азот у відповідну речовину для зберігання шляхом ферментації.

Підп. і дата
Інв.№доудл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№поодл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

30

Ключовим елементом кожної біогазової установки є реактор. Реактор являє собою герметичний термос, в якому підтримується задана постійна температура. Для того щоб підтримувати температуру використовують систему опалення та систему теплоізоляції реактора. Контроль над якою здійснює блок автоматики. Також використовується система змішування сировини для нормального перебігу реакції, яка відбувається автоматизовано.

Система підготовки сировини використовується для подачі сировини в реактор. Газгольдер використовується для буферування виробленого газу та стабілізації його тиску. Для зневоднення виробленого газу, контролю тиску газу, систем аварійного скидання газу та запобігання зворотному потоку використовують газову систему. Дренажна система використовується для зливу відпрацьованої сировини так званих готових біодобрих.

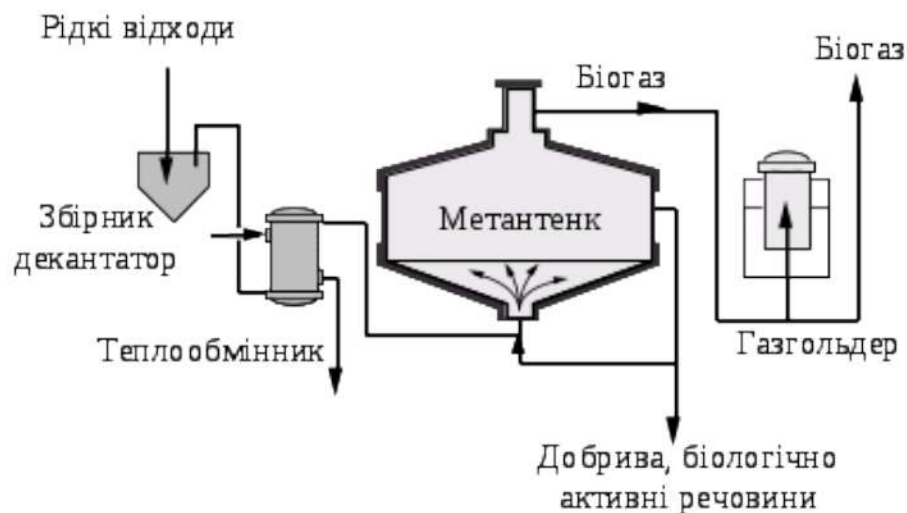


Рисунок 2.4 – Блок-схема біогазової установки

Система підготовки сировини.

Система підготовки сировини використовують для розведення та зниження концентрації вихідної органічної маси водою для забезпечення необхідної вологості і температури сировини, а також для легкої подачі сировини в реактор. Інженерними завданнями, що вирішуються при розробці такого агрегату, є рівномірне перемішування вихідної суміші, підтримка температури суміші в заданих межах незалежно від температури навколишнього середовища,

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№пооди.

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

31

закачування в реактор певної порції сировини при збереженні герметичності заправки. реактор і постійний тиск газу на виході. Пропонують два шляхи вирішення даної проблем: використання спеціального фекального насоса або відкачувати суміш із системи підготовки під дією сили тяжіння.

Перший спосіб класичний. Складність полягає в тому, що для комфортної роботі потрібно придбати обладнання яке має ріжучі ножі, щоб уникнути засмічення насоса. Вартість хорошого каналізаційного насоса дорівнює приблизно вартістю найменшої біогазової установки. Тому використання фекального насоса має сенс для середніх біогазових установок. Шнекова подача сировини має сенс лише для великих установок.

Другий спосіб - найпростіший і дешевий, але він ускладнений зростанням об'єму реактора. Його суть полягає в тому, що ємність для підготовки сировини розташовується над реактором за розрахунковою величиною, а підготовлена сировина заливається в реактор самопливом. Цей спосіб особливо зручний, коли цьому сприяє місцевість, де розташована біогазова установка, і не потрібно будувати занадто високу естакаду. Об'єм резервуара для підготовки сировини зазвичай дорівнює 5-10% об'єму реактора. Зі збільшенням обсягу збільшується навантаження на конструкцію естакади, що вимагає її ускладнення і підвищення ціни.

Реактор

Реактор біогазової установки являє собою герметичний термос. Реактори великих біогазових установок зазвичай виготовляють із бетону, який потім ізолюють різними способами. Основним недоліком такої конструкції є капітальне будівництво конкретної конструкції. Його неможливо перемістити чи розібрати без втрат. Відповідно, продати без продажу землі практично неможливо, банк неохоче приймає її під заставу кредитів. Будівництво такого реактора займає багато часу. Реактори для невеликих установок зазвичай виготовляють з листового металу. Часто використовуються вживані резервуари. Недоліками є велика вага, висока ціна і низька корозійна стійкість. У пропонованій конструкції використані

Інв.№подоц.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510215					Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	32

контейнери з сучасних синтетичних матеріалів. Мають малу вагу, високу корозійну стійкість. Їх легко монтувати, демонтувати, підключати до вхідних і вихідних труб. Вони не вимагають захисту від корозії. Біогазова установка на базі такого реактора легко демонтується і встановлюється на новому місці, тож її можна продати або віддати в заставу.

2.3 Технологічний процес отримання біогазу з відходів деревини

Біогаз утворюється бактеріями в процесі розкладання органічного матеріалу в анаеробних (без доступу повітря) умовах і являє собою суміш метану та інших газів у наступних пропорціях.

Таблиця 1 – Склад біогазу

Газ	Хімічна формула	Об'ємна частка
Метан	CH ₄	40 - 70%
Вуглекислий газ	CO ₂	30 - 60%
Інші гази		1 - 5%
Водень	H ₂	0 - 1%
Сірководень	H ₂ S	H ₂ S

Склад біогазу

Теплотворна здатність одного кубометра біогазу становить, залежно від вмісту метану, 20-25 МДж/м³, що еквівалентно спалюванню 0,6-0,8 л бензину, 1,3 - 1,7 кг дров або використання 5 - 7 кВт електроенергії.

Технологія виробництва біогазу така. Біомаса (відходи або зелена маса) періодично подається насосною станцією або завантажувачем в реактор. Реактор являє собою опалювальний і ізолюваний резервуар, оснащений змішувачами. Будівельний матеріал для промислового резервуара часто є залізобетон або сталь з

Підп. і дата	Інв. № добул.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № пооди.
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

33

покриттям. Композиційні матеріали іноді використовуються в невеликих установках.

У реакторі проживає велика кількість корисних бактерії, які харчуються біомасою. Продуктом життєдіяльності бактерій є біогаз. Для підтримки життєдіяльності бактерій та отримання максимального ефекту необхідно створити постійний підігрів до 35-38 ° C і періодичне перемішування. Отриманий біогаз зберігається в сховищах (газгольдерах), поступово проходячи систему очищення і подається споживачам (котел або електрогенератор). Реактор працює герметично і безпечно, без доступу повітря.

Для того щоб відбулась ферментація деяких видів сировини в чистому вигляді була розроблена спеціальна двоступенева технологія. Наприклад, пташиний послід, алкогольні барди не переробляються на біогаз у звичайному реакторі.

Для переробки такої сировини необхідний додатково реактор гідролізу. Він дозволить контролювати рівень кислотності, заради того щоб бактерії не гинули через підвищений вміст кислоти або луку. Допускається переробка тих самих субстратів за одностадійною технологією, але коензимом (змішуванням) з іншою сировиною, наприклад, з гноєм або силосом.

Бувають кустарні та промислові установки. Промислові установки відрізняються від кустарних наявністю механізації, автоматизації, гомогенізації та систем опалення.

Найбільш поширений промисловий метод - анаеробне зброджування в метантенках.

Теоретично маємо субстрат з відходів деревини, попередньо переробивши лігнін за допомогою мікроорганізмів або грибів, у окремому відстійнику. Потім за допомогою насосів переміщуємо цю масу в збірник де відбувається подальше зброджування. Зазвичай ці збірники закриті і відкриваються тільки для внесення коферментів. Гомогенізація проводиться в змішувальному резервуарі з потужними мішалками.

Реактор є газонепроникним, повністю герметичним резервуаром із

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

								ТС 18510215	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата					34

залізобетону. Ця конструкція утеплена, щоб температура всередині резервуара була фіксована для мікроорганізмів.

Усередині реактора знаходиться змішувач, призначений для повного перемішування вмісту реактора.

Створюються такі умови, при яких не утворюються плаваючі шари і осад. Мікроорганізми повинні бути забезпечені всіма необхідними поживними речовинами.

Протягом дня свіжа сировина повинна невеликими порціями декілька разів надходити до реактора. Орієнтовний час гідравлічного відстоювання в реакторі (в залежності від субстратів) складає 20-40 діб. Органічні речовини всередині біомаси за цей час повинні метаболізуватись (перетворитись) мікроорганізмами.

На виході маємо два продукти: біогаз і субстрат (компостований і рідкий). Останній зберігається в стандартному танкері для зберігання (складування) добрив. Субстрат, головним чином, використовується як добриво із-за високої концентрації аміаку (NH₄). Біогаз же зберігається в ємкості для зберігання газу - газгольдері, де вирівнюються тиск і склад газу. З газгольдера безперервно подається газ в газовий або дизельно-газовий двигун-генератор, який виробляє тепло і електрику – когенераційну установку. Іноді потужність може досягати декілька МВт. Великі біогазові установки мають аварійні факельні установки на той випадок, якщо двигун не працює, а біогаз треба спалити. Газова система може увімкнути вентилятор, конденсатовідвідник, десульфурізатор тощо. Всією системою керує система автоматики.

Для керування досить всього однієї людини 2 години на день. Оператор контролює роботу установки за допомогою звичайного комп'ютера і він же працює на тракторі для завантаження біомаси. Після 2-х тижневого навчання на установці може працювати людина без особливих навичок, тобто після школи або технікуму.

Найефективніше добування біогазу буде проходить при змішуванні подрібненої деревини з іншими відходами сільського господарства, це по відношенню до сільської місцевості, в місті це можуть бути інші суміші.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

35

Таким чином використання біогазових установок в народному господарстві дасть змогу проводити утилізацію біовідходів з отриманням екологічно безпечних органічних добрив (твердих і рідких), які використовуються на сільськогосподарських полях для вирощування екологічно чистої продукції і отримання біогазу, який можна використовувати в когенераційних установках для отримання електроенергії і теплової енергії, або після очищення отримувати газ – метан, який придатний для заправки автомобілів.

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510215	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата		36

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА СИНТЕЗ-ГАЗУ З ВІДХОДІВ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

3.1 Піроліз

Піроліз деревини - розкладання деревини завдяки нагріванню її до 450°C без доступу повітря з подальшим утворенням газоподібних і рідких продуктів, а також твердого залишку - деревного вугілля.

Суха перегонка деревини - один з перших процесів хімічної технології. На початку XII ст. її широко використовували в Україні для вироблення соснової смоли (служить для просмолки дерев'яних суден і просочення канатів); цей промисел носив назву смолокуріння. З розвитком металургії виник інший промисел, також заснований на сухій перегонці деревини, - обвуглення з отриманням деревного вугілля. Початок промислового застосування піролізу деревини відноситься до XIX ст., Сировиною була тільки деревина листяних порід, головним продуктом - оцтова кислота [10].

Для здійснення процесу в даний час зазвичай використовується листяна деревина (наприклад, береза), рідше (переважно при комплексній переробці сировини) - хвойна. При піролізі березової деревини (вологість 10-15%) отримують 24-25% деревного вугілля, 50-55% рідини (так званої рідини) і 22-23% газоподібних продуктів. Чим більше розмір шматків деревини, що використовуються для піролізу, тим більший твердий залишок, хоча в результаті нерівномірної усадки сировини і швидкого виділення летких продуктів відбувається розтріскування обвугленого матеріалу і утворення до 20% дрібного вугілля з розмір частинок менше 12 мм. Отримане деревне вугілля після сортування за розмірами відправляється безпосередньо споживачеві або на переробку.

При зберіганні та переробці суспензії деревна смола (7-10%) відстоюється і при цьому протікають численні перетворення її компонентів; з смоли виділяють широкий асортимент цінних виробів. Відстоювана суспензія має щільність 1,025-

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

37

1,050 г/см і містить 6-9% за масою оцтової кислоти та її гомологів, 2,5-4,5% метанолу, 5-6% сполук різних класів (альдегіди, кетони, ефіри та ін.), 4,5-14% розчинної деревної смоли і 67-81% води. Оцтову кислоту отримують із суспензії, часто шляхом екстракції та шляхом ректифікації та хімічного очищення переробляють у харчовий продукт [10].

Газоподібні продукти (гази, що не конденсуються) включають діоксид (45-55% за об'ємом) і оксид (28-32%) вуглецю, водень (1-2%), метан (8-21%) та інші вуглеводні (1,5-3,0%). Склад неконденсуючих газів залежить від кінцевої температури піролізу, швидкості та способу нагріву (при внутрішній або зовнішній циркуляції теплоносія - зазвичай димові гази, отримані при спалюванні палива та неконденсуючих газів); теплота згоряння коливається від 3,05 до 15,2 МДж/м³. Ці фактори, а також порода, якість і вологість деревини визначають вихід продуктів піролізу. З підвищенням температури збільшується вихід деревної смоли і газів, але зменшується вихід деревного вугілля, оцтової кислоти, спиртових продуктів; вугілля утворюється з більшим вмістом вуглецю. Середній вихід основних продуктів піролізу деревини становить (на основі сухої деревини): оцтової кислоти 5-7%, деревної смоли 10-14%, деревного вугілля (на летючий вуглець) 23-24%.

Піроліз деревини заснований на вільнорадикальних реакціях термодеструкції геміцелюлози, целюлози і лігніну, які протікають при 200-260, 240-350 і 250-400°C відповідно; співвідношення констант швидкості при 320 °C становить 10:1:0,25. Виявлені різними авторами кінетичні характеристики піролізу деревини та її компонентів помітно відрізняються. Реакції розкладання деревини, геміцелюлози, целюлози і лігніну мають перший порядок, і енергії активації цих реакцій значно змінюються; для зазначених компонентів деревини відповідно 70-80, 135-210 і 55-110 кДж/моль. Швидкість піролізу деревини вища, ніж целюлоза, і, наприклад, при 350 °C для різних порід знаходиться в межах $(2,8-8,3) \times 10^{-3} \text{с}^{-1}$.

Піроліз деревини – це екзотермічний процес, при якому виділяється велика кількість теплоти (1150 кДж/кг).

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

38

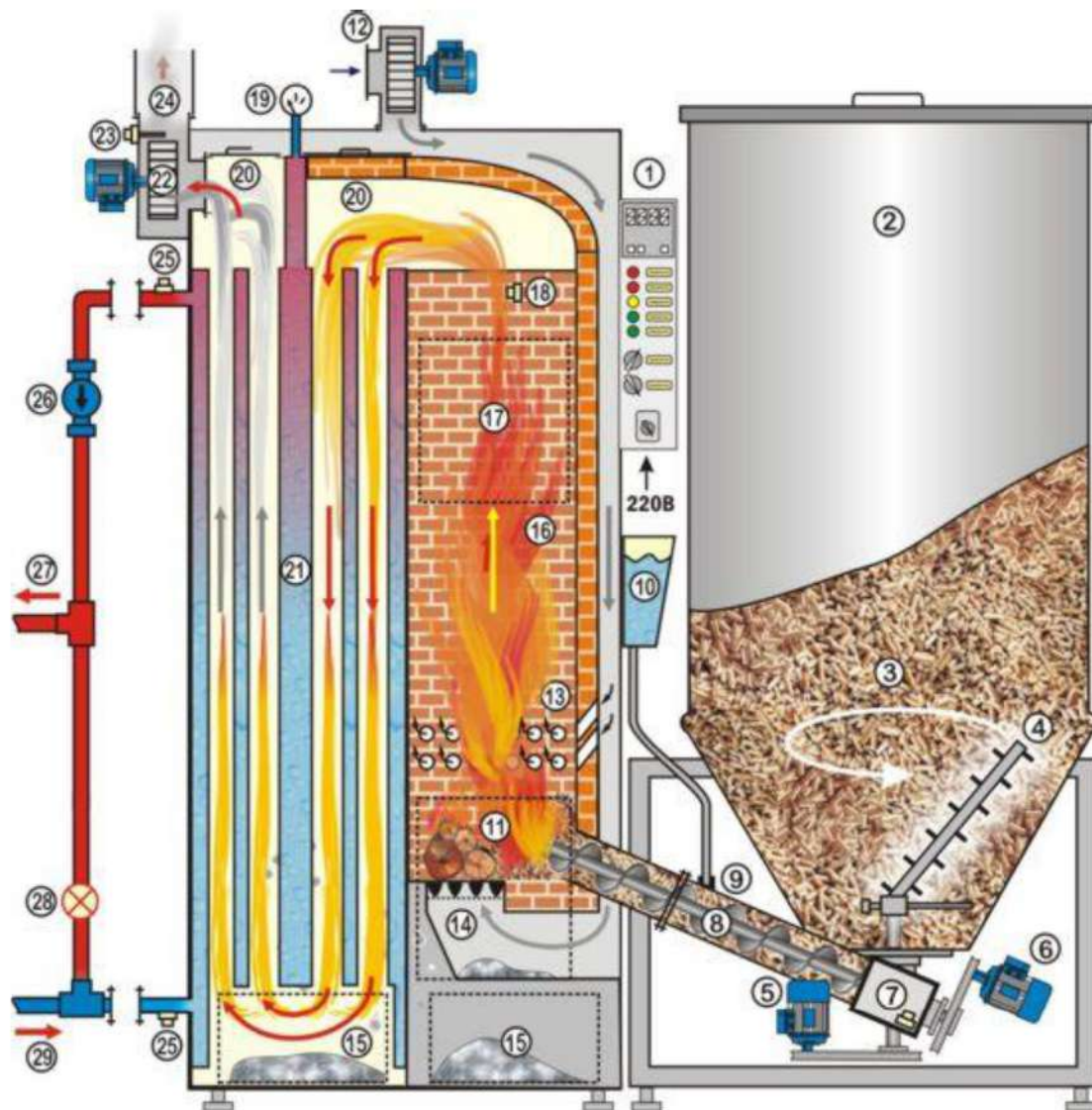


Рисунок 3.1 – Принципова технологічна схема піролізу деревини: 1 – пульт керування, 2 – зйомний бункер, 3 – сипке паливо, 4 – "плаваючий" шнек (віброактиватор), 5 – привід віброактиватора, 6 – привід шнека, 7 – давач реверсу, 8 – шнек подачі палива, 9 – термоголовка, 10 – вода захисту від загоряння, 11 – топка високотемпературна, дверцята чистки колосників, регулятор піддуву під колосники, 12 – вентилятор піддуву, 13 – струменевий піддув, 14 – колосники, 15 – зольник, дверцята, 16 – зона допалювання, 17 –дверцята завантаження дров, 18 – давач тяги, 19 – манометр, 20 – люк для чистки димогарних труб, 21 – вода у теплообміннику, 22 – димотяг, 23 – давач t° газів, 24 – димохід, 25 – давачі t° води, 26 – насос, 27 – подача води, 28 – вентиль, 29 – зворотня вода.

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

ТС 18510215

Арк

39

Вип Арк № докум. Підп Дата

Принципова технологічна схема піролізу деревини: оброблення сировини на шматки (тільки); сушка обробленої деревини; власне піроліз в спеціальних печах або ретортах; охолодження вугілля і його стабілізація (для запобігання самозаймання); конденсація летких продуктів. Найтривалішим і енергоємним етапом є сушка деревини вологістю від 45% до вологості 15%.

Техніка піролізу деревини різноманітна, але більшість печей і реторт, які використовуються у світовій практиці, застаріли і не відповідають сучасним вимогам. Найсучасніша технологія піролізу деревини з використанням безперервно працюючого обладнання. В останніх, порціями завантажують деревину і періодично вивантажують деревне вугілля [11].

3.2 Газифікація

Деревний газ є продуктом газифікації біомаси, синтез-газом, який можна використовувати як паливо для печей і двигунів автомобілів замість бензину, дизельного та інших видів палива.

У процесі виробництва біомаса або інші матеріали, що містять вуглець, газифікуються в газогенераторі, який виробляє водень і монооксид вуглецю в обмеженому середовищі кисню. Ці гази можна спалювати як паливо в багатих киснем середовищі для виробництва вуглекислого газу, води та тепла. У деяких газифікаціях цей процес передувє піролізу, коли біомаса або вугілля спочатку перетворюються на вуглець (твердий матеріал), вивільняючи метан і смоли, багаті поліциклічними ароматичними вуглеводнями [12].

При звичайній автотермічній газифікації теплотворна здатність деревного газу становить близько 8500 кДж/м³, Якщо задіяти зовнішнє джерело енергії для покращення газифікації то вона перевищує 12000 кДж/м³. У порівнянні з іншими видами палива теплота згоряння генераторного газу значно нижча.

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

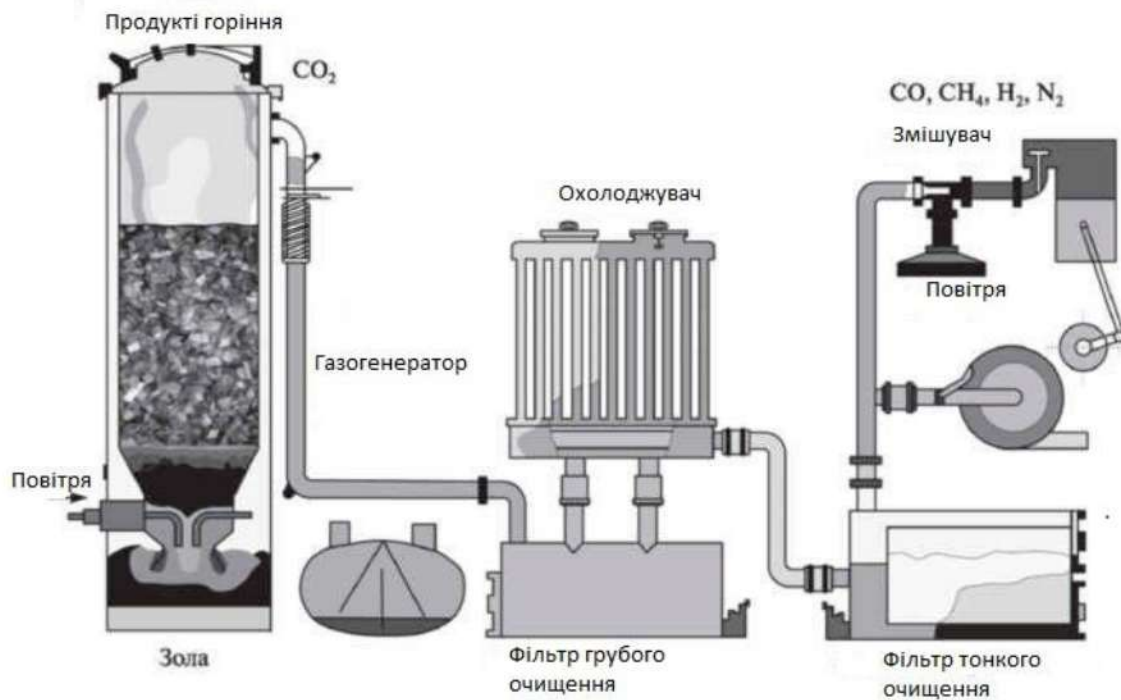


Рисунок 3.2 – Процес газифікації біомаси

Сушу біомасу піддають газифікації в газогенераторі, в процесі якої за допомогою взаємодії кисню і вуглецевого палива при високих температурах горюча частина твердого палива перетворюється на газ. Кисень, який необхідний для газифікації, може бути у будь якому вигляді, наприклад: повітря, чистий кисень або водяна пари. Відповідно газ, одержаний при взаємодії кисню з вуглецем, називається: повітряний газ – при взаємодії сухого повітря, а водяний газ – при взаємодії з водяною парою. При подачі повітря з парою в зону газифікації виходить змішаний горючий генераторний газ - деревний газ.

При газифікації деревини вихід сухого генераторного газу залежить від породи деревини і коливається від 1,9 до 2,5 nm^3 на 1 кг робочого палива.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	ТС 18510215
-----	-----	----------	------	------	-------------

того щоб досягти найкращих механічних характеристик брикетів. Критичною вважається вологість, при якій утворення брикетів відбувається, але вже з'являються тріщини - таким чином, отримуємо брикет сумнівного вигляду. Критична вологість орієнтовно розміщується в межах 10-15%. При більш високій вологості брикет буде розривати від тиску внутрішньої вологи, що виникає при стисканні подрібненої сировини.

Існує 3 основних види паливних брикетів. Вони відрізняються формою, яка залежить від способу виробництва. «У народі» стали популярними три назви компаній, які займаються виготовленням того чи іншого брикету наприклад: брикети RUF, брикети NESTRO та брикети Pini-Kay. Також є й інші компанії – такі як CFNielsen (Данія), UPM (Литва), Vogma (Швеція), Pawert-SPM AG (Швейцарія), DI-PIU (Італія).

Брикети діляться на два принципи:

Перший - за способом пресування і формою. Існує три види брикетів: циліндричний, екструдерний і цегляний.

Другий – залежні від сировині, з якої вони виготовлені. Розрізняють: брикети з відходів деревини (стружка і тирса без кори, відходи з корою, кора, та інше.); брикети з агробіомаси (лушпиння соняшнику, соломи, очерету, лушпиння злаків, сіна та відходи бавовни); брикети з інших матеріалів (целюлоза, полімери, картон, папір, торф).

Циліндричні брикети

Цей вид брикетів отримують шляхом пресування на ударно-механічному обладнанні. Вони мають нескінченну довжину і можуть бути розділені на шайби і колоди. Вони мають дуже високу щільність і дуже популярні в Європі.

Форма таких брикетів може бути різноманітною. Вид брикету спрямований на потреби та вподобання покупця, адже в кожній країні зовнішній вигляд брикетів відрізняється. Їх охоче купують такі країни, як Данія, Італія, Великобританія, Норвегія, Швеція, Німеччина, Франція. На вітчизняному ринку популярними є кускові брикети, виготовлені за цією технологією.

Підп. і дата
Інв.№доубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№пооди.

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

43

Екструдерні брикети

Головною відмінністю від інших брикетів є те, що вони повинні мати обпалену поверхню і отвір всередині.

Основою виробництва брикетів екструзійної технології є процес пресування шнека під високим тиском при нагріванні від 250 до 350 С°. Вивільнена температура завдяки пресуванню сприяє розплавленню поверхні брикетів, яка таким чином стає міцнішою, що позитивно для транспортування брикетів. Дані брикети закладаються вручну в топку котла, вони користуються попитом в країнах Прибалтики і на внутрішньому ринку Росії.

Брикети у вигляді цеглинки

Цей виріб виглядає як прямокутний паралелепіпед зі скошеними кутами. Брикет отримують в результаті гідравлічного пресування, від рихлості сировини та тиску який на нього чинить залежить його якість і розмір. Вони мають попит на внутрішньому ринку, а також добре продаються у більшості країн Європи.

Технологія брикетування

Брикетування являє собою процес пресування матеріалу під високим тиском, за рахунок стиснення та звільненням температури від сили тертя. Завдяки даному ефекту можна досягти виділення лігніну з деревини, який є сполучним матеріалом для утворення брикетів. Для продукту не з деревної сировини можна застосовувати екологічно чисті добавки (не більше 2%). Виробництво брикетів примхливе до вологості тому дуже важливо слідкувати за цим параметром, що впливає на щільність брикету. Якщо вологість сировини перевищує 14%, брикет розсипається на довільні шматки через надлишок вологості.

Обсяг брикету становить 1/10 від кількості сировини, що витрачається на його виробництво, що дає значну економію при транспортуванні та зберіганні біопалива [14].

При виробництві брикетів застосовують поршневі та шнекові преси, сировина - тирса та стружка. Перед пресуванням матеріал потрібно додатково подрібнити і висушити (вологість повинна бути меншою ніж 12-14%).

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

44

Поршневий прес спрямований на циклічний цикл - з кожним ходом поршень продавлює певну кількість сировини через конічне сопло. Для того щоб зменшити навантаження на привід та двигуни рекомендують використовувати маховик. За рахунок відносного переміщення між пресованими матеріалами і поршнем невеликий, тому знос поршня невеликий,. Поршневі преси відносно не дорогі, тому мають широкий попит.

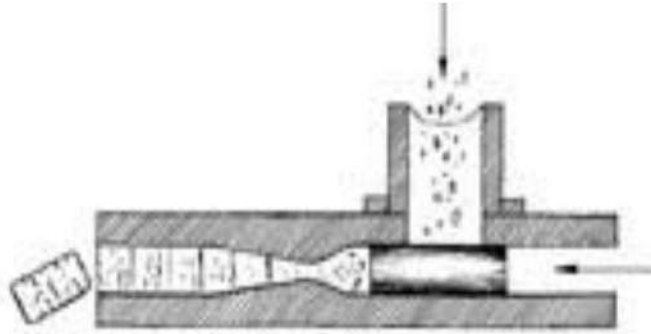


Рисунок 4.1 – Схема поршневого пресу

Шнековий прес має перевагу у вазі адже він легший від поршневого, оскільки масивні поршні і маховики відсутні. Процес виготовлення продукту безперервний, тому її можна різати на потрібні шматки. Щільність значно вища, ніж у поршневих пресів.

Шнекові преси менш галасливі, завдяки відсутності ударних навантажень. До недоліків можна віднести більший витрата енергії і швидкий знос шнека.

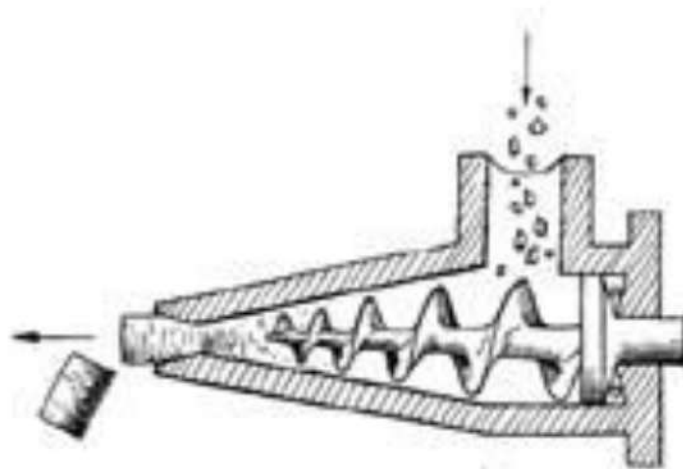


Рисунок 4.2 – Схема шнекового пресу

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Таблиця 2 – Порівняльна таблиця видів палива.

Вид палива	Середня вага палива для виробництва 17000 МДж енергії	Порівняльна ціна квитанції 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

Паливні брикети набули масового застосування для більшості типів печей, котлів центрального опалення і т. д. Брикети приємно здивують своєю стабільністю температури горіння протягом 4 годин і більше.

4.2 Технологія виробництва пелет

Гранулювання пелет - це чудовий спосіб переробки деревини однією з технологій утилізації відходів. Такий вид виробництва передбачає створення продукції, яка дозволить широко застосовувати її в опалювальній промисловості, оскільки деревні пелети є чудовим паливом для твердопаливних котлів.

Переваги такого виробництва:

- простота технології;
- мінімум трудовитрат;

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

46

- низька собівартість у порівнянні з віддачею, яку можна отримати;
- можливість переробки відходів різних розмірів та складу

Сировина для виробництва пелет

Сировиною для пелет є подрібнена деревина яка нагадує тирсу товщиною близько 1 мм і довжиною до 3-4 мм. Для виробництва пелет вам не потрібно попередньо робити якусь підготовку сировини, це є головною перевагою.

Якість сировини можна дізнатися за кольором готових гранул:

- чорні гранули виходять з деревини з неякісної деревини, яка включала в собі кору, гниль або була порушена технологія виробництва
- сірі гранули отримують з деревини яка має кору, тому сировину для таких пелет намагаються подрібнювати мілкіше, вони будуть темного сіруватого відтінку.
- світлий колір пелет виходить з високоякісної кореневої деревини. Світлий колір гранул має більшу тепловіддачу, менше кришиться і тому коштує дорожче сірих і чорних гранул.

Крім кольору гранул, якість склеювання пелет також залежить від сировини. В більшості випадків основним сполучником в процесі пресування пелет є природний лігнін, який міститься в деревині. Потрібно враховувати те, що якість пелет залежить від кількості лігніну, чим його більше тим краще.

Твердість деревини являє собою важливий технологічний фактор у виробництві пелет. Оскільки твердість деревини безпосередньо тягне за собою значний знос ріжучого інструменту, матриці та роликів обладнання.

Як сировина впливає на виробництво пелет:

- ошурки можуть бути різними і відрізнятися породою, розміром, вологістю.
- вплив деревних порід на склеювання гранул тирси.
- пелети можуть бути виготовлені з різних порід деревини.
- головним компонентом для виробництва пелет є лігнін з деревини. Чим більше натурального лігніну в деревині, тим менше зусиль потрібно докласти, щоб отримати якісні гранули тирси.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

47

Вміст лігніну в деревині:

- сосна - 27,05%
- ялинка - 27,00%
- ялиця - 29,89%
- бук - 27,72%
- береза - 19,10%
- осика - 21,67%

Середнє значення лігніну в деревині приблизно в межах 26-30%, в листяних породах 19-28% від сухої маси деревини. Чим нижчий вміст лігніну, тим більший обсяг відсіву.

Вплив твердості деревини на виробництво пелет.

Ключовим фактором у виготовленні пелет є твердість деревини. Адже чим твердіше дерево, тим важче його перетерти на тріску, та потрібно більше зусилля для того щоб пресувати в гранули. Споживання електроенергії, навантаження і зношування інструменту (ножів, матриці, роликів) значно збільшується.

Порівняння твердості деяких порід деревини:

- сосна - 260 кг/см²
- ялинка - 235 кг/см²
- ялиця - 255 кг/см²
- бук - 555 кг/см²
- береза - 425 кг/см²
- осика - 240 кг/см²

Один кубічний метр тирси більш щільних порід матиме більшу насипну масу і більшу теплоту згоряння. Наприклад, один кубічний метр березових гранул виділить більше тепла, ніж один кубометр соснової тирси.

Підп. і дата	
Інв.№доубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№пооди.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

48



Рисунок 4.3 – Приклад зовнішнього вигляду пелет

Робота лінії виробництва пелет

Пресування здійснюється шляхом продавлювання через матрицю дрібної тирси. Тирса насипається на матрицю, а потім роликками вдавлюється в отвори матриці.

Пелетний прес - підготовка до роботи.

Дуже важливо правильно налаштувати прес для якісного виробництва пелет. Дуже часто можна зустріти таку ситуацію, що гранула не йде, або взагалі не можна запустити прес для гранул. Іншими словами, запускається, але матриця тут же забивається.

Запуск преса.

Режим запуску пресу для виготовлення пелет (за умови, що матриця вже притерта):

- Включається головний мотор обертання пуансона, стружку не подаємо;
- Подається оригінальна суміш олії та тирси. Для збільшення м'якого пуску і зупинки преса, а також для збільшення роботи матриці подається суміш гранул або тирси з маслом. Якщо зупинити гранулятор зі звичайною стружкою без масла

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

(в матриці з тирси стандартної вологості), то міцна тріска нібито прилипає до стінок і тоді під час запуску матриці потрібно дуже велике зусилля, щоб продавити цю стружку, при цьому ефекті в багатьох випадках, як правило, недостатньо і прес просто засмічується, в цей час стає більше навантаження і додатковий знос двигуна і трансмісійних механізмів преса.

Розглянемо суміш більш детально: головною функцією є м'який та плавний запуск преса та менший знос преса завдяки змішування тирси з чистим дизельним паливом, автомобільним маслом, щоб зменшити тертя між сумішшю та стінками матриці. Пелети, що утворилися з маслом, потрібно викинути, готуючи новий розчин для нових зупинок і запусків. Народні умільці ігноруючи рекомендації фахівців замість чистого і дорогого масла почали змішувати стружку з дешевим відпрацьованим мастилом з автомобілів, коробок передач або інших механізмів. При цьому, вперше заповнюючи стружку маслом, отримуємо гранули з маслом, які в подальшому вже багаторазово використовуємо їх при запусках. Однією з переваг такого «покращення» є значна економія мастила, а недоліком вірогідніше всього буде швидкий знос матриці, адже відпрацьоване масло має металеві домішки.

Якість пелет залежить від:

- правильно підібраної вологості сировини;
- розміру частинок сировини (чим більше стружки, тим важче її стиснути);
- порід сировини, та її твердості (хвойні пелети краще, ніж з листяних порід);
- ступеня зносу роликів і матриці (при зносі стружка НЕ пресується, а накочується на матрицю);
- правильно відрегульованих зазорів між роликами і матрицею;
- діаметра пресованих гранул (чим менший діаметр гранул, тим краща якість гранул за стабільних умов пресування).

Підп. і дата	Підп. і дата				ТС 18510215	Арк
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.					50
Інв.№пород.	Підп. і дата	Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Забезпечення безпеки під час валки лісу

До початку робіт з валки лісу повинні бути проведені необхідні підготовчі роботи. Ці роботи, як і всі роботи з валки лісу, повинні бути організовані у відповідності з діючими стандартами і правилами.

До початку валки в радіусі небезпечної зони, встановлюють перцеві знаки та попереджувальні написи.

У гірських районах забороняється проводити вирубку та трелювання лісу, вирубку прутів та вирубку сучків при швидкості вітру понад 8,5 м/с, а на рівнині лише вирубку лісу при швидкості вітру понад 11 м/с.

Лісосічні роботи (валка лісу, розчищення снігу, сучків, розкрязування хлестів на лісосіці, трелювання і вантаження лісу) можуть виконувати особи не молодше 18 років, що отримали медичний огляд і визнані придатними фізично для виконання цих видів робіт, що пройшли інструктаж та навчання техніці безпеки і отримали про це відповідне посвідчення. До роботи бензопилами не можуть бути допущені особи, які мають знижений слух, слабкий зір, з серцево-судинними захворюваннями, які страждають нападами епілепсії. Усі робітники, зайняті на рубках догляду, так і на рубках головного користування, а також особи, прибулі на лісосіку, повинні бути в касках, а при проведенні рубок догляду в молодняках - в касках із захисними щитками, що охороняють особу від ударів гілками і сучками. У майстра повинні бути 3-4 каски для заміни і для осіб, прибувших з обов'язку служби на лісосіку.

Валка лісу, особливо на рубках догляду, є небезпечною операцією: приземлення дерев часто ведеться на стіну лісу в просвіти між деревами, в умовах великої кількості пошкодженого древостоя, звідси і високий травматизм на цих видах робіт. Причинами його можуть бути низька трудова та виробнича

Підп. і дата										
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.									
Підп. і дата										
Інв.№пооди.										
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	ТС 18510215					Арк
										51

дисципліна, неправильні прийоми при валці дерев: наскрізне спилювання без підпили, відсутність недопили, одиночна валка дерев в складних умовах, непідготовленість робочих місць, порушення небезпечної зони, низька якість навчання, фактори зовнішнього середовища і ін .

Особливо важлива на рубках догляду первісне розташування бригад: невірна розстановка на зближення вальщиків може призвести до непоправної біди.

Підготовка бензопили до роботи ведеться особливо ретельно. Треба пам'ятати про те, що ланцюг повинний бути добре заточений і укріплений на шині. При переходах від дерева до дерева пилу при відсутності густого підросту і глибокого снігу переносять в напівзігнутої руці з корпусом вентилятора на стегні. При більш тривалих переходах і переходах у складних умовах двигун повинен бути заглушений. Будь-який ремонт та чищення пили роблять при заглушеному двигуні.

Для забезпечення безпеки як моториста пили, так і помічника дуже важлива оцінка безпеки кожного дерева. При оцінці вальник визначає приблизний, кут нахилу дерева, густоту і розташування крони і залежно від цього вирішує, чи зможе звалити його в заданому напрямку або слід змінити направлення в цілях безпеки. Якщо нахил дерева переважає більше 5°, його валять в сторону нахилу. Вальник прибирає шестом або валочною виделкою близько розташовані навислі сучки, навколо дерева вирубує дрібний, що заважає чагарник, який, як і трусок відкидають убік на відстань не менше 1 м. Близько дерева для безперешкодного відходу від нього під час падіння розчищають відхідну доріжку довжиною 4 - 5 м під кутом 45° до передбачуваного напрямку падіння дерева [15].

Сам процес валки дерев має у своєму складі кілька важливих з точки зору безпеки прийомів: підпил, що забезпечує спрямованість валки, спилювання і як результат цих двох прийомів - залишення недопила і зіштовхування стовбура з пня в заданому напрямку. Як при рубках догляду, так і при реконструктивних рубках неодмінною умовою безпеки є правильно обраний і виконаний напрямок валки. Однак іноді це з ряду причин не вдається зробити (великий нахил дерева,

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

ТС 18510215

Арк

52

вітер та ін) в такому випадку доводиться міняти технологію трелювання і обрубки гілок.

Призначення підпили - додати дереву заданий, безпечний напрямок при його падінні і забезпечити технологічний цикл повала.

Валка без підпили або з неправильно виконаним підпилом може призвести до дуже тяжких наслідків. Правилами валка дерев без підпили, нехай навіть і малотоварника, категорично забороняється. Нехтування цим правилом тягне за собою падіння дерева в непотрібному, а часом і в небезпечному напрямку, до відколу стовбура і травмування вальника відколами стовбура і розщепом.

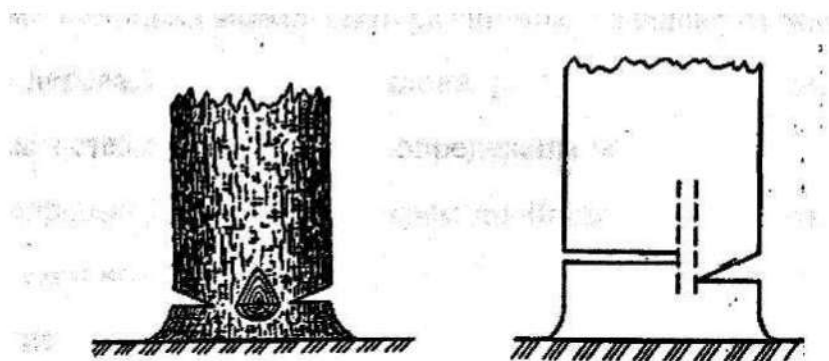


Рисунок 5.1 – Невірно виконаний (зліва) підпил з трьох сторін та вірно виконаний (справа) спил дерева з виходом на верхню точку підпили

У дерев не маючих відхилень, площина різання повинна бути перпендикулярно осі дерева і виходити на верхню точку підпили (рис. 5.1) або трохи нижче із залишенням недопила, але ні в якому разі не вище цієї крапки, тому що у протилежному випадку може відбутися скол окоренковій частини стовбура і дерево впаде в незаданому напрямку. Не можна також спилювати дерево і нижче горизонтальної площини підпили, тому що дерево зісковзне з пня у бік вальника лісу або затисне шину пилки. При спилюванні дерева на рівні нижньої площини підпили станеться скол дерева і воно не впаде в заданому напрямку (рис. 5.1). Якщо вальник занадто перерізав стовбур і не залишив недопила, то передбачити напрямок падіння дереву практично неможливо. Обпилювання зазвичай ведеться бензомоторними пилами з довжиною шини 450 мм. За допомогою таких шин спилюють дерева з товщиною стовбура в місці спилювання не понад 70 см.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

53

Недопилом називається частина стовбурної деревини, залишеної при спилюванні дерева, між порізами підпилу і порізом спилювання, який забезпечує спрямовану валку дерев.

Форма недопила може бути різною і залежить від багатьох причин: стану деревини дерева, породи, його нахилу, розташування крони, напрямку сили вітра. Розміри залишення недопила визначені експериментальним шляхом і у прямо стоячих здорових дерев діаметром до 40 см повинні бути 3 см, від 40 до 60 см – 3 см, від 61 см і вище – 4 см.

При нахилі дерева в бік від напрямку валки нерівномірно розвиненою кроною недопил роблять клиноподібної форми, щоб подолати силу нахилу або вітра. Розширена частина недопила руйнується повільніше звуженій частині і служить як шарнір, навколо якого повертається стовбур дерева, відхиляючи його від природного нахилу в бік заданого напрямку.

Зштовхування дерева з пня в процесі проведення рубок догляду є відповідальним прийомом. Зштовхування виконує помічник валочною вилою, а в більш складних випадках виделкою і гідроклином.

Як при будівництві, так і при експлуатації об'єктів озеленення бригадам, зайнятим на цих роботах, доводиться прибирати завислі, сухостійні, хворі дерева. Ця робота відноситься до числа підвищено небезпечних і вимагає від робочого уваги і професійного досвіду.

Іноді з яких-небудь причин вальник не може звалити дерево і залишає його недопіленим до кінця. Це дуже небезпечно, так як раптовий порив вітру може призвести до його мимовільного падіння і травмування вальника, помічника або випадково опинилися в зоні валки людей.

Заборонено також збивати таке дерево іншими деревами, так як це може викликати його падіння в непередбачену сторону, і якщо не самим деревом то відламаними сучками або випадково зачепленим сухостійним деревом можуть бути травмовані люди.

У процесі валки дерево може випадково зависнути на інших деревах.

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.Модубл.
Підп. і дата
Інв.Мододл.

						ТС 18510215	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата			54

Збивати такі дерева іншими, виробляти групову (батареїну) валку дерев, відпилювати від нього чураки або валити дерево, на якому зависло інше, підрубувати коріння, комель або пень завислого дерева правилами забороняється. Це викликано тим, що при збиванні завислих дерев, дерево, яким збивають зависле, не буде валитися в заданому напрямку, а зависле може піти назад і травмувати працюючих. Місце і напрям падання дерев при груповій валці не піддаються розрахункам що загрожує при такому прийомі важкими наслідками.

У деяких випадках дозволяється знімати завислі дерева важелями (аншпугами), переміщаючи комель дерева в бік. При цьому всі повинні перебувати з одного боку стовбура. Аншпуг представляє собою металеву гребінку, прикріплену на дерев'яному держаку з напрямком зубів гребеня в бік, протилежній напрямку верхній частині тримала. Переміщуючи аншпуг зверху по окоренковій частини завислої деревини в сторону, протилежну положенню вальника, зависле дерево повільно приземляється по своїй довжині.

Найбільш ефективно і безпечно знімати завислі дерева за допомогою трелювального трактору та ручної лебідки. Трелювання майже завжди проводять в той же час, що і валку дерев. У цьому випадку на комлі завислого дерева закріплюють чокер з пропущеним у нього сталевим канатом тракторної лебідки. Довжина каната від тракторної лебідки до комля завислого дерева повинна бути не менше 30 м. Приводячи в рух лебідку «на себе», тракторист стягує з опори зависле дерево.

Особливо небезпечні при валці гнилі і сухостійні дерева. Гниль в стовбурі дерева при його падінні руйнується значно швидше, ніж в дереві зі здоровою деревиною, тому недопил в таких деревах треба залишати на 2 см більше, ніж у здорових, а валку робити в бік природного нахилу.

Уражені гниллю та сухостійні дерева до початку валки випробують валочною виделкою на міцність їх стояння, по можливості прибирають навислі гілки. Сухостійні дерева валять в бік природного нахилу, а підпил роблять на

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

55

глибину 1/3 – 1/2 в місці зрізання. Ні в якому разі не можна підрубувати сухостійні дерева тупором, тому що такий спосіб може викликати падіння гілок і травмування ними вальника. При валці таких дерев дозволяється проводити тільки підпил.

5.2 Безпека під час навантаження та вивантаження лісових матеріалів

На підприємствах зеленого господарства є свої специфічні особливості вантажно-розвантажувальних робіт, які полягають у розмаїтті цих робіт і в те, що вони найчастіше виконуються у місцях скупчення або присутності сторонніх осіб (у скверах, парках) та ін. Крім того, навантаження таких вантажів, як дерева з грудкою землі, чагарнику та ін, вимагає особливої обережності.

У більшості випадків на навантаженні використовують автомобільні крани різних марок.

Як правило, крани на навантаженні дерев і чагарника працюють в парках, де відсутні спеціально підготовлені навантажувальні майданчики, а ставити кран на свіжовисипаний або неутрамбований ґрунт вкрай небезпечно, тому що це може призвести до перекидання крана. Щоб уникнути аварій і травм майданчики де буде стоять автомобільний кран, по можливості вибирають поблизу вантажного матеріалу з більш щільно утрамбованим майданчиком з ухилом, що не перевищує зазначеного в паспорті. Кран ставлять на 4 аутригерах (опори), під які кладуть інвентарні підкладки, і на ручне гальмо, щоб уникнути його самовільного руху. На автокрані повинен бути напис про його граничної вантажопідйомності при максимальному та мінімальному вильоті стріли і вказана дата його наступного випробування.

Кріплення або з'єднання канатів виконується заплітанням, постановкою зажимів.

Всі роботи по навантаженню або розвантаженню вантажів: дерев (як з грудкою землі, так і без нього), чагарнику, пиломатеріалів, порубкових залишків

Інв.№поодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	-------------	-------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510215

Арк

56

та інших лісових вантажів підприємству зеленого господарства слід робити під керівництвом майстра.

Стропальники повинні бути навчені за спеціальними програмами і мати про це відповідне посвідчення. Передбачено, що стропальники повинні бути в захисних касках, помаранчевих жилетах і мати захисні окуляри проти сонячних променів.

При швидкості вітру 11,5 м/с і більше, грозі, зливі, дощу, густому тумані (видимість менше 50 м), і бурі навантаження і вивантаження лісоматеріалів забороняється.

При навантаженні і вивантаженні посадкового матеріалу, особливо великих дерев з грудкою землі, враховуючи нерівномірність навантаження, вантажний канат необхідно обладнати двома стропами. Стропи закріплюють на дереві з урахуванням центру тяжкості, а при використанні іншого вантажозахоплювального пристрою його належить встановлювати над центром ваги вантажу.

Стопи під вантаж підводяться спеціальними пристосуваннями. До початку підйому дерева кранівник повинен переконатися в тому, що в зоні дії (підйому) відсутні люди, і лише після цього за сигналом стропальника або іншої спеціально виділеної особи починати роботу. У разі сигналу «стій» кранівник зобов'язаний негайно зупинити роботу крана.

Вкрай небезпечно у разі навантаження поправляти дерева з грудкою землі: при випадковому обриві каната стропальник може отримати травму рук, тому поправляти такий вантаж слід тільки багром з довгим держакон або прикріпленими до вантажу мотузками. Роблячи навантаження дерев або будь-яких лісоматеріалів, кранівник, щоб уникнути перекидання крана, не повинен підтаскувати (волочити) вантаж косим натягом канатів або поворотом стріли, а також піднімати матеріал, що зачепився, засипані землею матеріали. Вантаж під час переміщення повинен бути піднятий над зустрічними на шляху предметами не менше ніж на 0,5 м.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

57

При навантаженні дерев і лісоматеріалу на автомобільний транспорт в місці встановлення вантажу укладають відповідної міцності прокладки, щоб стропи могли бути легко і без пошкоджень витягнуті з-під вантажу.

При навантаженні лісоматеріалів і дерев з грудкою землі не дозволяється повертати стрілу, піднімати і опускати вантаж під час руху вантажного механізму.

При навантаженні і розвантаженні розсади квітів і самих квітів вибір засобів механізації та автоматизації повинен забезпечувати безпеку праці. Транспортування квітів роблять у тарі, зазначеної в технологічній документації.

Забороняється робота на кранах, навантажувачах безпосередньо під проводами мережі електричних ліній залізниць або повітряних електричних ліній, що знаходяться під будь-якою напругою. Поблизу таких проводів робота з навантаження і вивантаження дерев, чагарників і пиломатеріалів допускається тільки за умови, що відстань по горизонталі між крайньою точкою машини (або вантажним канатом або вантажем) і найближчим дротом при напрузі до 1 кВ буде не менше 1,5 м, напрузі 1-20 кВ – 2 м, при 35 і 110 кВ – 4 м.

При пересуванні кранів і лісонавантажувачів під проводами, що знаходяться під напругою, необхідно, щоб відстань по вертикалі між вищою точкою машини і нижнім проводом лінії при напрузі до 1 кВ було не менше 1 м, при 1-20 кВ – 2 м. Габарит машини нормуються по висоті при 35 кВ і вище, він не повинен перевищувати 5 м при русі під лініями електропередач по шосе або 3,5 м при русі по ґрунтовій дорозі або поза доріг. Якщо неможливо дотримати цю умову, на час проїзду слід відключати лінію.

5.3 Пожежна безпека на підприємствах лісового господарства

Пожежі на деревообробних підприємствах викликають безвідповідальність та необережне поводження з електроустановками, недотримання правил зберігання легкозаймистих матеріалів та паління в заборонених місцях [16, 17].

Інв.№поздл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	ТС 18510215	Арк
											58

У деревообробних цехах зосереджена значна кількість легкозаймистих матеріалів: деревних відходів, стружки, тріски, плит, лаків, фарб тощо. Пил вибухонебезпечний, його накопичення на робочих місцях, деталях машин, електродвигунах та радіаторах опалення неприпустимо.

При необхідності необхідно терміново викликати пожежну охорону «01» або з пожежної сигналізації, до прибуття вогнеборців вжити заходів щодо ліквідації та локалізації пожежі наявними вогнегасниками.

Для запобігання пожежі в цехах і на робочих місцях необхідно суворо дотримуватися протипожежних правил.

Усі прилади та їх зв'язки повинні бути обладнані електроізоляційними пристроями, електродвигуни заземленими та захищеними від впливу сторонніх предметів. Після закінчення роботи та під час перерви електропривод необхідно вимкнути, а лінії живлення – знеструмити.

У цехах і на робочих місцях забороняється куріння та роботи, які можуть викликати іскри або відкрите полум'я.

Необхідно систематично підтримувати та видаляти деревний пил та тріску з елементів обладнання, електродвигунів та електрообладнання.

Забороняється сушити спецодяг, деревину та інші горючі предмети на опалювальних приладах, промислових та опалювальних печах.

Місця для працівників, які передбачають підвищену небезпеку загорання повинні оснащуватись вогнегасниками, пісочниками та резервуарами для води.

Не дозволяється працювати на шліфувальних верстатах при відключеній витяжці.

Предмети, що були у використанні: серветки, торці, ганчірки, просочені паливом, мастилами або іншими горючими речовинами, які необхідно зберігати в спеціальних металевих ящиках з кришками. Над місцем розташування ящиків має бути напис «Ящик для протирання торців».

Лаки, нітрофарби та інші хімічні речовини зберігаються в спеціальних приміщеннях, ізольованих від прямих сонячних променів, або в шафах і ящиках.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

59

Забезпечення тривалого використання паливно-мастильних матеріалів і легкозаймистих рідин на робочому місці не повинно перевищувати добового споживання. Вони зберігаються в спеціальному щільно закритому металевому шарі, який після завершення замикається в металеві ящики або шафи.

Пожежна безпека в лісі забезпечується проведенням планово-попереджувальних протипожежних заходів, швидким виявленням та ліквідацією лісових пожеж на цих територіях.

Постійні лісокористувачі та лісовласники повинні виконувати заходи, спрямовані на охорону лісів від пожеж, гасіння та облік. Що стосується тимчасових лісокористувачів, то в цьому випадку умови участі їх у здійсненні протипожежних заходів визначається договором на право тимчасового користування землями лісового господарства. При цьому відповідальними за пожежну безпеку в лісах є керівники постійних лісокористувачів та власники лісів.

Обов'язки відвідувачів та власників лісів щодо забезпечення пожежної безпеки об'єктів, визначені статтею 20 Кодексу цивільного захисту України, статтями 64, 83, 86, 90 Лісового кодексу України.

Громадяни України, іноземні громадяни та особи без громадянства, які перебувають на території України, а також юридичні особи, які знаходяться на території України, зобов'язані:

Виконувати Правила.

Повідомити лісокористувача та лісовласника, територіальний підрозділ Державної служби України з надзвичайних ситуацій, місцевих жителів та органи влади, органів влади про виникнення лісової пожежі.

Фізичні та юридичні особи, винні у порушенні вимог, правил, несуть відповідальність згідно із законодавством.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510215

Арк

60

ВИСНОВКИ

В ході виконання дослідження технологій ефективної переробки відходів лісового господарства, детально вивчивши склад та об'єм деревних відходів в Україні, можна зробити висновок, що передові біотехнології виробництва газу з відходів деревини, газифікація відходів деревини, виготовлення пелет та паливних брикетів є гарною альтернативою твердому паливу.

В роботі визначено склад та об'єми деревних відходів в Україні, проаналізовані хімічні властивості деревних відходів з огляду на їх енергетичну цінність.

У ході виконання дипломної роботи були розглянуті сучасні та ефективні технології переробки відходів лісового господарства, а саме:

- технологія виробництва біогазу з відходів лісового господарства з огляду на її екологічну ефективність;
- технологія виробництва синтез-газу з відходів лісового господарства;
- технологія виробництва паливних брикетів та пелет, як ефективну переробку відходів лісового господарства Сумської області.

Було проведено аналіз переваг та недоліків технологій переробки відходів лісового господарства.

Підсумовуючи результати аналізу, можна зробити висновок про те, що кожна з технологій переробки відходів деревини має свої екологічні переваги та недоліки та не є виключно вірною. Доцільність використання конкретної технології залежить від об'єму утворення та накопичення відходів деревини та наявності відповідних точок збуту продуктів (синтез-газу, золи, дигестату тощо).

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв. № докл.	Взаєм. інв. №
Вип	Арк
№ докум.	Підп
Дата	Дата

ТС 18510215

Арк

61

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Державне агентство лісових ресурсів України. URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini> (дата звернення: 24.05.2022).

2. Державне агентство лісових ресурсів України: Лісове господарство України. URL: http://ekoinform.com.ua/wp-content/uploads/2019/01/Brosura_DALR_2019_UA-web.pdf (дата звернення: 27.04.2022).

3. Сумське обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <https://sumylis.gov.ua/> (дата звернення: 28.05.2022).

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

5. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум : навч. посібник / А. А. Кирильчук, О. С. Бонішко. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 354 с.

6. Біогазове виробництво: сировина й подальше застосування біогазу – AgroBiogas. URL: https://agrobiogas.com.ua/biogas_production_raw_materials_and_further_use_of_biogas/ (дата звернення: 03.06.2022).

7. Екологічна біотехнологія: принципи створення біотехнологічних виробництв : навчальний посібник / Л. Д. Пляцук, Є. Ю. Черниш. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 293 с.

8. Державне підприємство “Вінницьке лісове господарство”: <https://vinlisgosp.com.ua/areasofactivity/pererobka-derevyny> (дата звернення: 22.05.2022).

9. Маньківський Р. Л. Аналіз впливу біогазових установок на режим роботи електроенергетичної системи : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 6.050701 - електротехніка та електротехнології / наук. кер. Ю. В. Малогулко. Вінниця : ВНТУ, 2017. 90 с.

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

ТС 18510215

Арк

62

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

10. Гордон Л. В., Скворцов С. О., Лисов В. І., Технологія і устаткування лісохімічних виробництв, 5 вид., М., 1988. – 360 с.

11. Пабат М. Г. Аналіз експлуатаційних показників та визначення ефективності роботи піролізного котла промислового призначення : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістр : спец. 144 – теплоенергетика / наук. кер. О. В. Виноградов-Салтиков. Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2018. 116 с.

12. Ключ С. В. Енергоефективне перетворення біомаси в горючий газі біовугілля в газогенераторах щільного шару палива : дис. ... к-та техн. наук : 05.14.08 – перетворювання відновлюваних видів енергії. Київ, 2016. 167 с. URL: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/dys_Klyus.pdf (дата звернення: 01.06.2022).

13. 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.

14. Технологія виробництва біопалива. URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/2344/> (дата звернення: 15.05.2022).

15. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р., № 2694. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 25.05.2022).

16. 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: 25.05.2022).

17. Гуліда Е. М., Коваль О. М. Забезпечення пожежної безпеки та ліквідація пожеж на деревообробних підприємствах: монографія. - Львів : ПАІС, 2017. - 272 с. URL: <https://bit.ly/3ya6Vzm> (дата звернення: 11.06.2022).

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Інв.№покл.	
Підп. і дата	
Вип	Арк
№ докум.	Підп
Дата	

ТС 18510215

Арк

63