

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

Тема: Розроблення технологічного рішення з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях

Завідувач кафедри _____ Пляцук Л.Д. _____
(підпис)

Керівник роботи _____ Рой І. О. _____
(підпис)

Консультант
з охорони праці _____ Фалько В.В _____
(підпис)

Виконавець
студент групи
ТС.м–11 ТЗНС _____ Бойко А.А. _____
(підпис)

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 _____
“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Бойко Альона Анатоліївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розроблення технологічного рішення з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях

затверджена наказом по університету № 1006-VI від 03.11.2022 р.

Термін здачі студентом закінченого проєкту (роботи) 16 грудня 2022 року

Вихідні дані до проєкту (роботи) нормативно-правові акти, що регулюють утилізацію рослинних відходів у енергетичних цілях, ряд патентів установок енергетичної утилізації рослинних відходів, перелік літературних джерел

2. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
 - проведення порівняльного аналізу способів та технологічних рішень утилізації рослинних відходів в Україні та світі;
 - дослідження кількісного та якісного складу рослинних відходів в залежності від джерела утворення та оцінка їх енергетичного потенціалу;
 - розроблення технології утилізації рослинних відходів на основі когенераційних установок для зниження навантаження рослинних відходів на довкілля.

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

1. Карта-схема поводження з відходами в Україні;
2. Динаміка прогнозування обсягу утворення рослинних відходів;
3. Схема технологічної установки утилізації рослинних відходів.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Фалько В.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	Вересень 2022 року	
2	Постановка проблеми утилізації рослинних відходів	Вересень 2022 року	
3	Оцінка енергетичного потенціалу рослинних відходів	Жовтень 2022 року	
4	Розробка комплексного технологічного рішення енергетичної утилізації рослинних відходів	Жовтень 2022 року	
5	Робота над розділом «Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях»	09.12.2022 року	
6	Оформлення роботи	12.12.2022 року	

4. Дата видачі завдання 24.09.2022 року

Студент _____

А.А.Бойко

Керівник проекту _____

І.О.Рой

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 27 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи становить 55 с., у тому числі 11 таблиць, 20 рисунків, перелік джерел посилання 3 сторінки.

Мета роботи полягає в розробленні сучасного технологічного рішення з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- проведення порівняльного аналізу способів та технологічних рішень утилізації рослинних відходів в Україні та світі;
- дослідження кількісного та якісного складу рослинних відходів в залежності від джерела утворення та оцінка їх енергетичного потенціалу;
- розроблення технології утилізації рослинних відходів на основі когенераційних установок для зниження навантаження рослинних відходів на довкілля.

Об'єкт дослідження – технології утилізації рослинних відходів з отриманням енергії.

Предмет дослідження – екологічно безпечні технології з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях, спрямовані на зниження обсягів викидів забруднюючих речовин в навколишнє природне середовище та раціональне використання енергетичних ресурсів.

Ключові слова: РОСЛИННІ ВІДХОДИ, УТИЛІЗАЦІЯ, БЮГАЗ, КОГЕНЕРАТИВНА УСТАНОВКА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ ..	7
1.1 Загальний огляд системи поводження з відходами в Україні	7
1.2 Особливості утворення та утилізації відходів сільськогосподарського сектору.	11
1.3 Аналіз шляхів можливого поводження з відходами рослинництва	15
РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ	21
2.1 Поточний стан вітчизняного ринку енергетичної утилізації рослинних відходів	21
2.2 Характеристика технологій утилізації рослинних відходів.....	26
2.2.1 Пряме спалювання.....	28
2.2.2 Піроліз та газифікація	30
2.2.3 Анаеробна ферментація	33
2.3 Визначення можливості енергетичної утилізації рослинних відходів сільського господарства	36
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ	39
3.1 Характеристика відходів цукрового виробництва.....	39
3.2 Розробка схеми енергетичної утилізації відходів виробництва цукру.....	41
3.3 Розрахунок продуктивності біогазового реактору та когенеративної установки.....	43
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	45
4.1. Небезпечні та шкідливі фактори при процесі утилізації рослинних відходів	45
4.2 Розрахунок первинних засобів пожежогасіння.....	47
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях при застосуванні технології утилізації рослинних відходів.....	50
ВИСНОВОК.....	51
ПЕРЕЛІК ДЖРЕЛ ПОСИЛАНЬ	52

Підпис і дата		Інв.№дубл.		Взаєм.інв.№		Підпис і дата	
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТС 21510170		
Розроб.	Бойко				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Рой				4	55	
Н.Контр	Батальцев				СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС.м-11		
Затв.	Пляцук						
<i>Розроблення технологічного рішення з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях</i>							

ВСТУП

Актуальність роботи. Невід’ємною складовою сучасного життя є споживання енергії різного генезису. Викопне паливо, вугілля, природний газ і нафта, являються основними джерелами енергії. Серед недоліками їх використання можна виділити утворення побічних продуктів перетворення (продукти горіння, відходи, тощо) та обмеженість запасу, що значно ускладнює процес використання. Рішенням даної проблеми є пошук альтернативних джерел енергії, значне місце серед яких займають саме рослинні відходи.

Значні обсяги утворення рослинних відходів призводять до техногенного навантаження на оточуюче середовище та великих матеріальних затрат на їх захоронення чи утилізацію. Основними утворювачами рослинних відходів являється підприємства сільськогосподарської, деревообробної та харчової промисловості. Утилізація рослинних відходів з отриманням енергії може вирішити як проблему поводження з відходами, так і потребу і альтернативних джерелах енергії.

Враховуючи зростання вартості природних ресурсів, їх вичерпність, негативний вплив на довкілля постає необхідність у постійному пошуку альтернативних джерел енергії.

Мета та завдання роботи полягає в розробленні сучасного технологічного рішення з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях. Відповідно до зазначеної мети були поставлені наступні завдання:

- проведення порівняльного аналізу способів та технологічних рішень утилізації рослинних відходів в Україні та світі;
- дослідження кількісного та якісного складу рослинних відходів в залежності від джерела утворення та оцінка їх енергетичного потенціалу;
- розроблення технології утилізації рослинних відходів на основі когенераційних установок для зниження навантаження рослинних відходів на довкілля.

Інв.№тодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 21510170	Арк
						5
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Об'єктом дослідження є технології утилізації рослинних відходів з отриманням енергії.

Предмет дослідження – екологічно безпечні технології з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях, спрямовані на зниження обсягів викидів забруднюючих речовин в навколишнє природне середовище та раціональне використання енергетичних ресурсів.

Методи дослідження: аналітичний огляд літературних джерел, узагальнення і статистичний аналіз інформації, систематизація, аналіз літературних та інтернет-джерел.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

6

РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ

1.1 Загальний огляд системи поводження з відходами в Україні

Утворення та накопичення відходів є зростаючою загрозою екологічній безпеці країни. Аналіз останніх статистичних даних показує, що утворення відходів зростає, в тому числі хімічно небезпечних. Водночас варто зазначити, що ефективні технології залучення відходів як вторинної сировини впроваджуються недостатньо. На відміну від міжнародного досвіду щодо активного поводження з відходами, в Україні утворюється вдвічі більше відходів на душу населення на рік, ніж у країнах Європи.

В останні роки спостерігається постійне збільшення обсягів накопичення відходів, а отже і місць їх захоронення типу звалищ і полігонів, що призводить до погіршення санітарно-епідеміологічного стану населених пунктів. Тому існуючі методи, процеси утворення, накопичення, зберігання, переробки, обробки та знешкодження відходів є передумовами для виникнення та розвитку екологічних загроз.

Проблема відходів в Україні характеризується актуальністю і масштабністю. Основними причинами є домінування ресурсомістких багатовідходних технологій і довготривала відсутність своєчасного реагування. Застаріла технологічна база поводження з відходами диктує вищі темпи їх утворення та накопичення.

Проблема відходів є ключовою екологічною проблемою в Україні та важливою з огляду на ресурсний потенціал. Високий рівень утворення відходів у різних галузях народного господарства призводять до того, що в Україні щорічно накопичується величезна кількість твердих побутових відходів, з яких лише невелика частина використовується як вторинний ресурс [1, 2].

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

7

Яскравою особливістю проблеми поводження з відходами в Україні порівняно з іншими розвиненими країнами є відсутність інфраструктури поводження з відходами. Загалом характеристики системи поводження з відходами показані на рисунку 1.1.

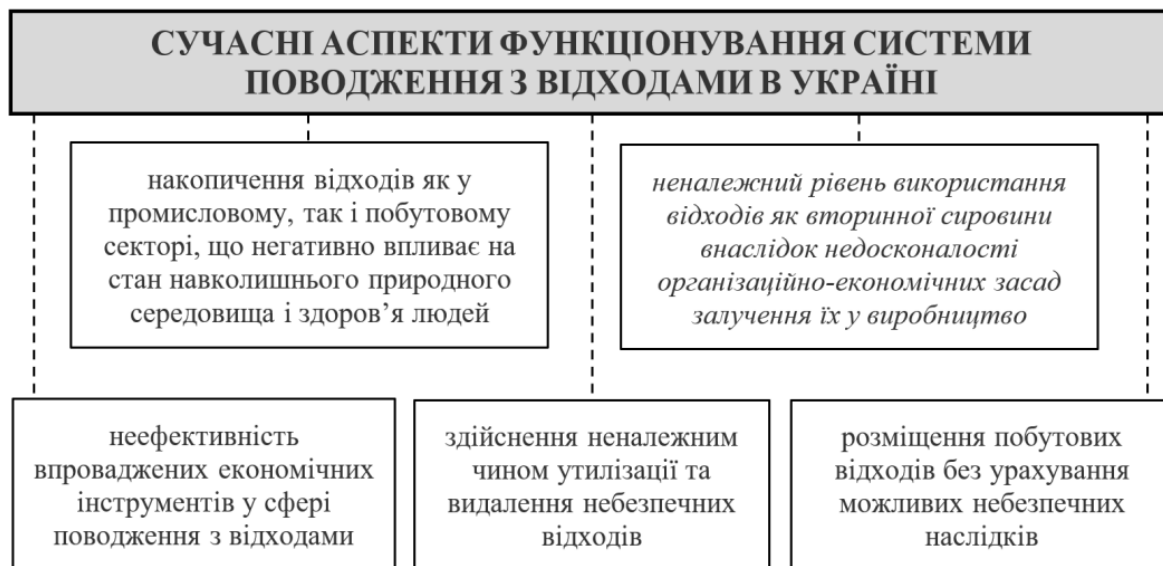


Рисунок 1.1 – Особливості системи поводження з відходами в Україні

Отже, враховуючи велику кількість відходів, які щорічно утворюються та накопичуються в Україні, необхідно визначити першочергові заходи щодо підвищення рівня використання відходів як вторинної сировини та участі у виробництві. Особливо важливим є пошук, вибір і розробка ефективних технічних рішень і заходів, спрямованих на запобігання їх утворенню, утилізації, нейтралізації та екологічно безпечного видалення. Вирішення зазначених проблем має великий потенціал у забезпеченні енергетичної та ресурсної незалежності країни, раціональному використанні природних матеріалів та джерел енергії [1, 2].

Тому, враховуючи поглиблення екологічної кризи та погіршення соціально-економічної ситуації, затверджено Національну стратегію поводження з відходами України до 2030 року (розпорядження КМУ від 08.11.2017 р. № 820-р). Пріоритетні види, типи та склад відходів наведені на рисунку 1.2

Інв.№тодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 21510170				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

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

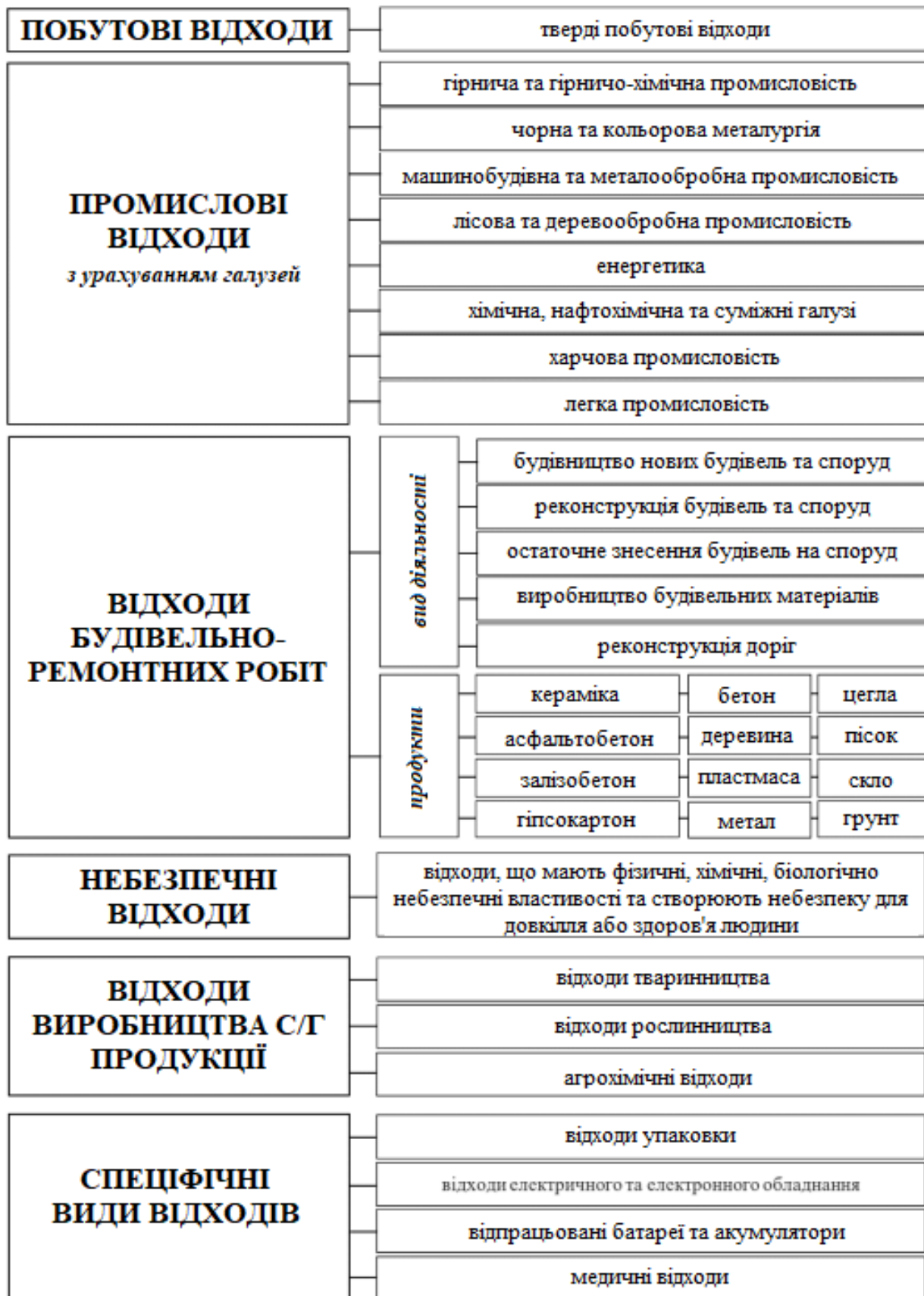


Рисунок 1.2 – Класифікація відходів в Україні

Стратегія управління відходами України враховує переважно національний та міжнародний досвід використання природних ресурсів загалом та поводження з відходами зокрема. Відповідно до зазначеної стратегії, розробка ефективних та екологічно безпечних технічних рішень є одним із пріоритетних напрямів її реалізації, рисунок. 1.3.

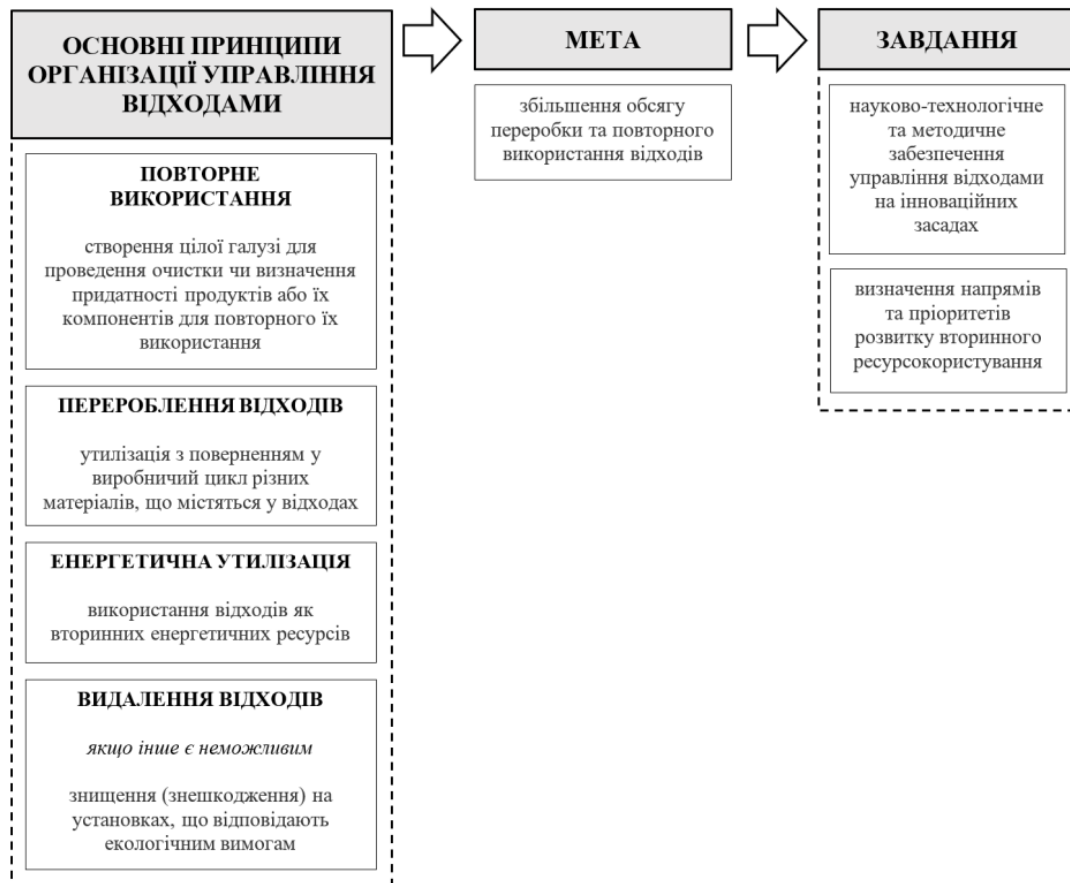


Рисунок 1.3 – Технологічна складова стратегії управління відходами до 2030 року

Отже, з огляду на стратегію управління відходами в Україні, яку планується реалізувати до 2030 року, варто зазначити, що, окрім прийняття деяких управлінських рішень (затвердження нормативно-правової бази, розподіл зобов'язань, визначення типів «спроможності») велику увагу приділено технічній складові, що особливо важливо при поводженні з відходами сільськогосподарського виробництва [3].

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

10

1.2 Особливості утворення та утилізації відходів сільськогосподарського сектору

Розвиток сільськогосподарського сектору та розширення сільськогосподарських угідь зумовлюють щорічне збільшення кількості відходів даної галузі. У загальній структурі відходів, що утворюються в Україні не більше 2% припадає саме на відходи сільського господарства. Найбільш поширеними серед них є:

- відходи рослинництва;
- відходи життєдіяльності тварин (в тому числі й птахівництва);
- специфічні відходи тваринництва (тушки тварин і птахів);
- відходи добрив, засобів захисту рослин, ветеринарних препаратів.

У таблиці 1.1 наведена структура утворення відходів за галузями промисловості протягом останніх 5 років, а на рисунку 1.4 – структурна діаграма загального обсягу відходів в Україні [4].

Таблиця 1.1 – Структура утворення відходів за галузями промисловості

Галузь промисловості	Обсяг відходів за роками, тис. т					Усереднений показник, т	Частка, %
	2015	2017	2018	2019	2020		
Сільське, лісове та рибне господарство	8736,8	6188,2	5968,1	6750,5	5315,4	6591,8	1,7
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	257861,9	313738,2	301448,9	390563,8	391077,9	330938,14	85,53
Переробна промисловість	31000,5	32176,7	31523,2	30751,8	52311,0	35552,64	9,19
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	6597,5	6191,7	6322,7	5959,2	5333,7	6080,96	1,57
Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	594,2	408,7	397,4	411,8	338,3	430,08	0,11
Будівництво	376,2	493,8	378,8	188,7	14,5	290,4	0,08
Від домогосподарств	6053,3	5858,0	5543,5	5896,7	5949,7	5860,24	1,51
Інші види економічної діяльності	1047,2	998,7	751,3	994,0	2033,0	1164,84	0,3
Усього:	312267,6	366054,0	352333,9	441516,5	462373,5	-	-

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

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

ТС 21510170

Арк

11

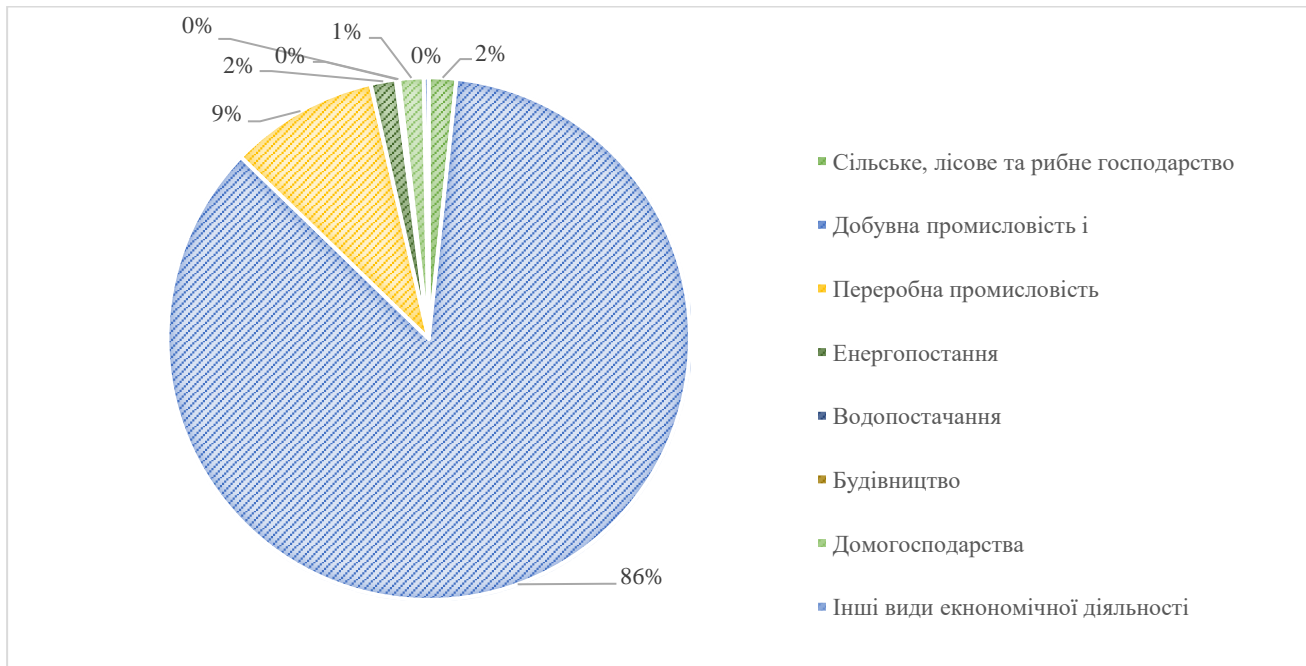


Рисунок 1.4 - Структурна діаграма загального обсягу утворюваних відходів в Україні

Як видно з наведеної вище інформації, часта відходів сільського господарства у загальному обсязі відходів не перевищує 2 %, але не зважаючи на це, проблема забруднення довкілля таким типом відходів залишається актуальною і потребує пошуку нових шляхів вирішення.

За інформацією наданою Державною службою статистики України, у таблиці 1.2 наведений кількісний склад відходів сільського господарства за останні 5 років, а на рисунку 1.5 – дана інформація відображена у форматі діаграми.

Таблиця 1.2 – Структура утворення відходів сільського господарства

Вид відходу	Обсяг відходів за роками, тис. т					Усереднений показник, т	Частка, %
	2015	2017	2018	2019	2020		
Відходи тваринного походження та змішані харчові відходи	897,0	587,6	607,5	441,0	405,4	587,7	4,88
Відходи рослинного походження	7742,3	8782,3	7829,3	8068,6	6101,8	7704,86	63,98
Тваринні екскременти, сеча та гній	4938,0	3653,4	3233,8	3612,9	3314,7	3750,56	31,14
Усього:	13577,3	13023,3	11670,6	12122,5	9821,9	-	-

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

ТС 21510170

Арк

12

Структурна діаграма загального обсягу утворюваних відходів

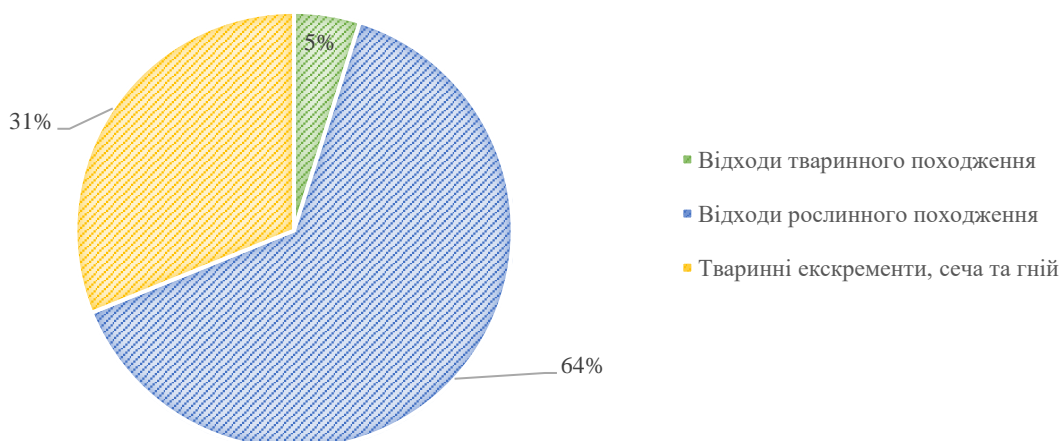


Рисунок 1.5 - Структурна діаграма загального обсягу утворюваних відходів в Україні

Згідно з аналізом статистичних даних [4] розрахованих за останні 5 років, можна визначити, що найбільшу частку відходів сільського господарства становлять саме відходи рослинного походження. У загальній структурі відходів сільськогосподарського виробництва відходи рослинництва становили близько 64%. Вирішення проблеми подальшої переробки рослинних відходів є першочерговим завданням, яке стоїть перед окремими господарствами і навіть перед країною в цілому.

Для аналізу масштабів проблеми утворення рослинних відходів та оцінки їх очікуваного утворення було побудовано прогноз до 2030 року за допомогою вбудованої в програмний продукт MS Excel функції «Тенденції». Прогнози були побудовані з урахуванням двох змінних: кількості відходів, утворених рослинними джерелами, і часу. Відправною точкою для прогнозу є обсяг відходів у 2020 році. Також для отримання ретроспективних прогнозів на 2020-2030 роки використовуються дані за останні 5 років.

У процесі побудови прогнозів встановлюється довірчий інтервал, який визначає діапазон значень для кожного прогнозу, відповідно до прогнозу

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

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

(нормальний розподіл), існує 13% ймовірність того, що дані, пов'язані з прогнозом, повинні потрапити в цей діапазон до 2030 року. Розмір довірчого інтервалу, тобто його нижня та верхня межі, вважаються вірогідними сценаріями прогнозу. При цьому нижня межа довірчого інтервалу діє як позитивний предиктор — зменшення рівня утворення відходів, тоді як верхня межа довірчого інтервалу діє як негативний предиктор — збільшення рівня утворення відходів на підприємстві.

Результати побудови прогнозу наведено на рисунку 1.6, де суцільною лінією позначено центральну тенденцію між нижньою та верхньою межами довірчого інтервалу. Незважаючи на те, що фактичні темпи утворення рослинних відходів змінювалися з 2015 по 2021 рік, загальна річна тенденція утворення відходів була відносно стабільною на майже тому самому рівні (таблиця 1.2).

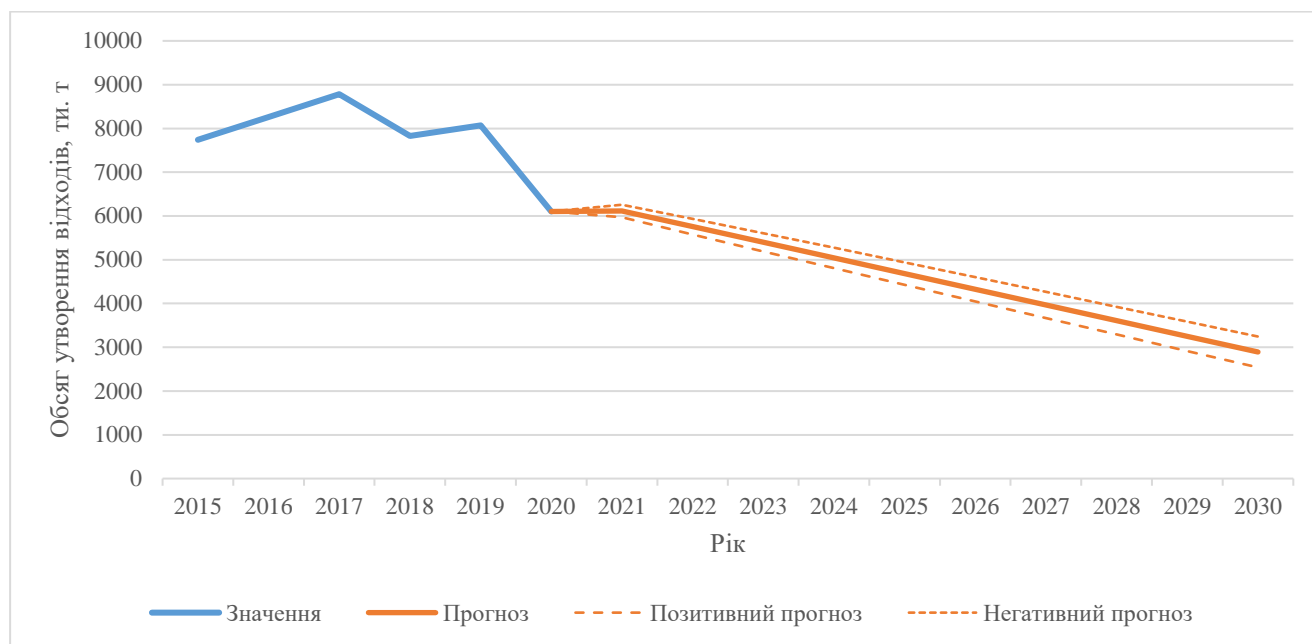


Рисунок 1.6 – Прогнозування обсягів утворення відходів рослинного походження до 2030 року в Україні

Аналіз прогнозних даних (рисунок 1.6) дав змогу визначити, що утворення рослинних відходів має поступово зменшуватися до 2030 року включно. Виходячи з позитивних і негативних результатів прогнозу, очікується, що падіння не буде великим, а річний видобуток залишиться на рівні 6 – 3 тис. тонн. Таким

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

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

ТС 21510170

чином, хоча очікується, що утворення рослинних відходів буде демонструвати тенденцію до зниження, їх утворення залишиться на високому рівні.

1.3 Аналіз шляхів можливого поводження з відходами рослинництва

Враховуючи дані, отримані в попередньому розділі, слід зазначити, що питання поводження з рослинними відходами все ще залишаються актуальними з огляду на очікувані обсяги утворення. Основні проблеми у цій сфері поводження з відходами проілюстровано на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Основні проблеми, що трапляються в процесі поводження з відходами сільського господарства й зокрема рослинної галузі

Згідно даних Державного управління статистики в Україні можливі такі шляхи поводження з відходами:

- спалювання;
- утилізація;
- видалення;
- знешкодження;

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

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

- захоронення на звалищах;
- експорт;
- втрата внаслідок непередбачуваних обставин;
- видалення іншими методами.

Кількісний розподіл відходів між напрямками їх утилізації наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Операції поводження з відходами в Україні

Операція	Обсяг відходів за роками, тис. т					Усереднений показник, т
	2015	2017	2018	2019	2020	
Спалювання	1134,7	1064,3	1028,6	1059,0	1008,0	1058,92
<i>у т. ч. з отриманням енергії</i>	1083,3	1008,5	951,2	960,1	902,2	981,06
Утилізація	92463,7	100056,3	103658,1	108024,1	902,2	81020,88
Видалення у спеціально відведені місця чи об'єкти	152295,0	169801,6	169523,8	238997,2	275985,3	201320,6
Знешкодження	2616,0	248,8	212,2	379,9	464,8	784,34
Розміщення на стихійних звалищах	14,4	3,7	2,5	3,4	-	6,0
Експортовано	675,4	261,8	190,8	260,6	257,8	329,28
Вилучено внаслідок витікання, випаровування, пожеж, крадіжок	6,5	19,5	6,7	12,0	-	11,175
Видалено іншими методами видалення	55248,14	55360,1	57674,1	57503,1	46768,1	54510,71

Розрахунок показників, що стосуються структури поводження з відходами (таблиця 1.3), показує, що до 55% первинних відходів відводяться на визначені майданчики чи об'єкти, а переробляються лише 29%. При цьому 0,3% відходів спалюється для отримання енергії.

Існує 13 основних напрямків утилізації відходів. Розподіл відходів за кожним із напрямків наведено у таблиці 1.4.

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

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

ТС 21510170

Арк

16

Таблиця 1.4 – Напрямки утилізації відходів в Україні

Напрям утилізації	Обсяг відходів за роками, тис. т					Усереднений показник, т
	2015	2017	2018	2019	2020	
Всього утилізовано	92463,7	100056,3	103658,1	108024,1	100524,6	100945,36
Утилізація / регенерація розчинників	65,3	82,1	103,9	137,1	111,2	99,92
Рециркуляція / утилізація органічних речовин, що не застосовуються як розчинники	443,2	4357,9	397,6	474,8	320,0	1198,7
Компостування органічних відходів	651,1	755,2	671,6	619,8	549,8	649,5
Ферментація органічних відходів	86,7	68,1	88,5	77,7	63,5	76,9
Переробка паперу та картону	24,0	31,6	0,3	0,3	0,3	11,3
Рециркуляція / утилізація металів та їх сполук	6515,8	5445,2	5798,9	5592,7	5356,2	5741,76
Рециркуляція / утилізація інших неорганічних матеріалів	58958,1	46294,3	55930,2	58763,3	43068,9	52602,96
Регенерація кислот і основ	0,4	2,8	0,8	1,0	2,1	1,42
Рекуперація компонентів, що використовуються для зменшення забруднення	13718,7	29228,1	26649,4	27348,7	36553,7	26699,72
Рекуперація компонентів каталізаторів	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,62
Повторна перегонка використаних нафтопродуктів чи інше їх повторне використання	29,0	16,5	12,5	14,7	13,5	17,24
Обробка ґрунту, що справляє позитивний вплив на землеробство чи поліпшує екологічну обстановку	10763,3	12480,0	12320,3	13263,0	13501,3	12465,58
Використання відходів, отриманих від будь-якої з вищеперелічених операцій	1208,1	1291,4	1684,1	1731,0	984,1	1379,74

Аналіз даних таблиці 1.4 показує, що найбільшу кількість відходів, що переробляються шляхом переробки, становлять неорганічні відходи (до 52%). Водночас слід зазначити, що основними методами утилізації органічних відходів (у тому числі рослинних) залишаються компостування та ферментація. Однак порівняно з об'ємом відходів, які підлягають компостуванню, частка відходів, які пройшли зброджування, все ще значно низька – 77 700 тонн і 619 800 тонн відповідно.

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

ТС 21510170

Арк

17

Аналіз загальних даних про поводження з відходами з різних джерел доводить, що в Україні більша частина відходів захороняються на полігонах без подальшого використання як вторинна сировина. Виняток становлять відходи рослинного походження, які захороняються або спалюються для отримання енергії, включно з теплом, і де велика частка переробляється шляхом компостування або ферментації (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 - Операції поводження з рослинними відходами

Операція	Обсяг відходів за роками, тис. т					Усереднений показник, т
	2015	2017	2018	2019	2020	
Утворено	7742,3	8782,3	7829,3	8068,6	6101,8	7704,86
<i>Видалено у спеціально відведені місця та об'єкти</i>	166,7	8,9	154,0	17,3	15,5	72,48
Спалювання	462,0	428,0	418,7	461,2	480,2	450,02
<i>у т. ч. з метою отримання енергії</i>	445,0	406,1	386,8	423,1	440,3	420,26
<i>у т. ч. з метою теплового перероблення (спалення на сушці)</i>	17,0	21,9	31,9	38,1	39,9	29,76
Утилізація відходів (компостування, ферментація)	2674,4	2505,1	2638,2	2361,1	1502,5	2336,26

Завдяки поглибленому аналізу даних, наведених у таблиці 1.5, можемо визначити, що лише близько 37% усіх рослинних відходів, утворених в Україні протягом року, було оброблено або утилізовано. У свою чергу, більшість відходів (63%) не підлягають обробці (вивезенню, спалюванню тощо) чи використанню як вторинна сировина. Таким чином, близько 63% рослинних відходів України, або в середньому 5,1 млн тонн на рік, демонструють величезний потенціал для утворення рослинних відходів, які можна використовувати для виробництва електроенергії.

В Україні відповідно до національної стратегії поводження з відходами сформовано чотири напрями розвитку національної системи поводження з відходами рослинництва, а саме:

- через нормативно-правові акти;
- виробництво енергії з відходів біомаси;

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

18

- виробництво кормів і матеріалів з рослинних відходів;
- компостування. рослинних відходів [3].

Варто зазначити, що незважаючи на те, що національна стратегія була сформована в 2016 році, статистика до 2019 року включно (таблиця 1.5) показує, що Україна мало зробила для реорганізації системи поводження з відходами в попередні роки. До способів утилізації рослинних відходів належать: спалювання, термічне сушіння, захоронення, анаеробне зброджування тощо. Серед них пріоритетним є компостування, особливо при роботі з відходами з високим вмістом органіки [2, 5].

Ефективність компостування як способу поводження з виробничими відходами полягає в тому, що при відносно низьких технологічних витратах можна отримати якісний і екологічно безпечний кінцевий продукт – органічні добрива. Розкладання органічної речовини різноманітними мікроорганізмами супроводжується термодинамічними процесами, частковим знезаражуванням, пригніченням проростання насіння бур'янів, багаторазовим зменшенням об'єму відходів і збільшенням питомого вмісту біомаси [6, 7].

Спільне використання мінеральних і органічних добрив може частково вирішити проблему раціонального використання рослинних відходів, значна частина яких використовується нераціонально або не використовується зовсім. З кожним роком вплив економічних та екологічних чинників ускладнює питання утилізації відходів рослинництва та потреби вивчення взаємозв'язку з цими відходами як потенційним джерелом для виробництва органічних та органічних мінеральних добрив. Компостування є одним із екологічно чистих рішень поводження з рослинними відходами, що дозволяє ефективно вводити їх у кругообіг у вигляді якісного органічного добрива. На сьогодні використовується велика кількість видів технологій компостування, але в основному вони базуються на аеробній біотермічній обробці рослинних відходів. Рівень реалізації технічних процесів, послідовність технічних операцій і використання тих чи інших технічних засобів значною мірою залежать від фізико-хімічних

Інв. № годдл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
					ТС 21510170					

властивостей відходів та їх річного надходження. Застосування компосту для обробки рослинних відходів на промислових підприємствах є економічно невиправданим через високу вартість обладнання та, в більшості випадків, неможливим через несумісність його робочих елементів з рослинними відходами без первинної підготовки [5 - 7].

Інв.№голдл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ТС 21510170				Арк
				20

РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ

2.1 Поточний стан вітчизняного ринку енергетичної утилізації рослинних відходів

В останні роки в усьому світі спостерігається загальна тенденція зростання цін на енергоносії. Крім того, залежність України від постачання енергоносіїв з інших країн ускладнює забезпечення енергетичної незалежності. У цьому контексті актуальним стає питання ефективного використання відновлюваних (альтернативних, поновлюваних) джерел енергії, особливо вітрової, сонячної, геотермальної, біоенергетики, тощо. У таблиці 2.1 наведено деякі джерела відновлюваної енергії в Україні.

Таблиця 2.1 – Характеристика відновлювальних джерел енергії в Україні

Джерело енергії	Теоретичний потенціал, МВт год за рік	Технічний потенціал		Реально можливий об'єм використання	
		МВт год за рік	т умов. палива	МВт год за рік	т умов. палива
Геліоресурси	$720 \cdot 10^9$	$0,44 \cdot 10^9$	$0,16 \cdot 10^9$	$40 \cdot 10^9$	$3,8 \cdot 10^9$
Вітроенергетика	$965 \cdot 10^9$	$0,36 \cdot 10^9$	$70 \cdot 10^9$	$8,4 \cdot 10^9$	$8,6 \cdot 10^9$
Геотермальна енергетика	$5128 \cdot 10^9$	$14 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^9$	$2800 \cdot 10^9$	$230 \cdot 10^9$
Енергетика с/г відходів	$12,5 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$
Гідроенергетика	$43,4 \cdot 10^6$	$21,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$	$21,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$

В Україні 98% всієї енергії, виробленої з відновлюваних джерел, припадає на вітрову, сонячну та гідроенергію. Енергія біомаси широко використовується в усьому світі і має великий потенціал для розвитку. Хоча нині частка біомаси у відновлюваній енергетиці становить лише 2%, біоенергетика має великий потенціал і є одним із стратегічних напрямків розвитку сфери відновлюваної

Інв. № метод.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 21510170					Арк
										21
Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

енергетики та одним із перспективних джерел чистої енергії в Україні. Останнє особливо важливо, враховуючи високу залежність країни від імпортованих енергоносіїв, головним чином природного газу. Щорічно для виробництва енергії в Україні використовується близько 2 мільйонів тонн енергії. п./рік біомаса різного походження. Найбільше використано деревини – 80%, тоді як у інших видів (крім лушпиння соняшнику) цей показник був на порядок нижчим. Найменш реалізований енергетичний потенціал соломи зернових культур (на рівні 1%).

Тому основним способом переробки рослинних відходів в Україні досі залишається пряме спалювання відходів для отримання електроенергії чи тепла. На даний час в Україні реалізовано кілька проектів, більшість з них – це котельні або малі ТЕС потужністю до 23 МВт (таблиця 2.2). Однак більшість з них будуть являти собою малопотужні енергетичні комплекси потужністю до 6 МВт. Основними видами рослинних відходів, що використовуються, є деревина, відходи деревини, пелети та відходи соняшнику [8 - 13].

Таблиця 2.2 – Узагальнена характеристика енергетичних комплексів, що у якості сировини використовують відходи рослинні відходи

Енергетичний комплекс	Потужність, кВт	Розташування	Паливо
1	2	3	4
Котельня системи централізованого тепlopостачання	3 400	м. ІваноФранківськ,	деревина, тріска та тирса
Клембівська ТЕС на біомасі	6 000	с. Клубівка, Хмельницька обл.	деревна тріска, пелети з лушпиння соняшника та тріска соломи, кукурудзи
Котельня на біопаливі	2 500	с. Зарічани, Житомирська обл.	деревна тріска
Поліська ТЕС	5 900	м. Овруч, Житомирська обл.	тріска, неліквідні дрова, енергетична верба
ТЕС ТОВ «КЛІАР ЕНЕРДЖІ»	3 500	м. Корюківка, Чернівецька обл.	відходи деревини після санітарної очистки лісів, та залишки від деревообробної промисловості
Комбінована котельня	3 000	Полтавська обл.	тюкована солома
Система опалення в коледжі та лікарні	3 000	м. Миколаїв, Миколаївська обл.	пелети

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

ТС 21510170

Арк

22

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
ТЕЦ Євгройл	5 000	м. Миколаїв, Миколаївська обл.	лушпиння соняшника від олійноекстракційного заводу, деревина, побутові відходи.
ТЕЦ "Кіровоградолія"	35	Кіровоградська обл.	лушпиння соняшника
Котельня	10 500	м. Дніпро	пелети
ТЕС "АяксДніпро"	16 000	м. Дніпро	лушпиння соняшника, пелети, деревна тріска, відходи від виращування, транспортування та переробки соняшника
ТЕЦ Смілянська	8 500	м. Сміла, Черкаська обл.	деревна щеп.
Котельня	3 000	м. Кам'янецьПодільський, Хмельницька обл.	тріска, пелети
Котельня на біопаливі	23 200	м. Вінниця, Вінницька обл.	деревна щеп

Карта розташування енергетичних комплексів, що працюють на рослинних відходах зображена на рисунку 2.3 [14].

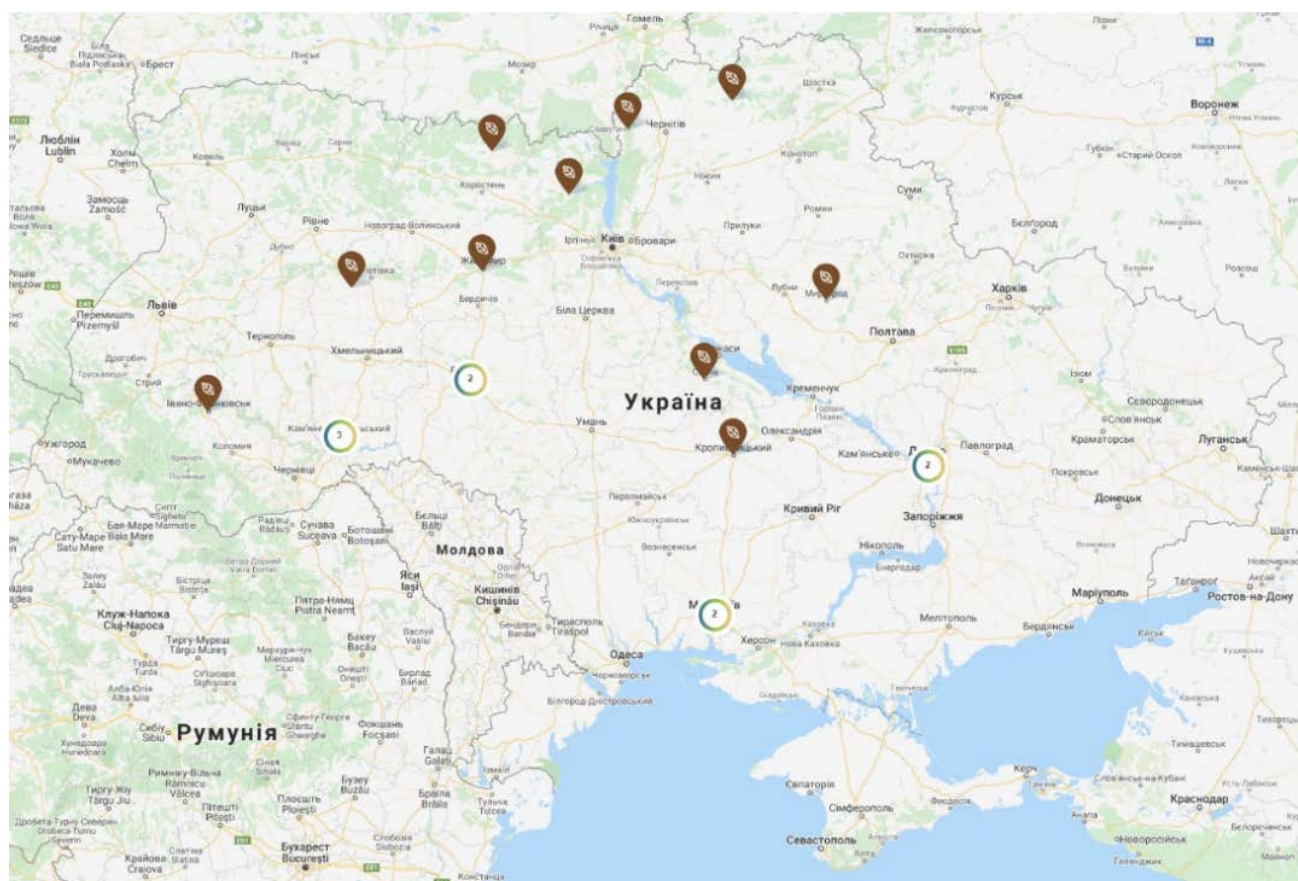


Рисунок 2.3 – Карта розташування енергетичних комплексів, що працюють на рослинних відходах

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

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

ТС 21510170

Варто зазначити, що кількість реалізованих проектів невелика. Однак існують деякі потенційні проекти розширення мереж енергетичних комплексів на основі біопалива [14] (рисунок 2.3).

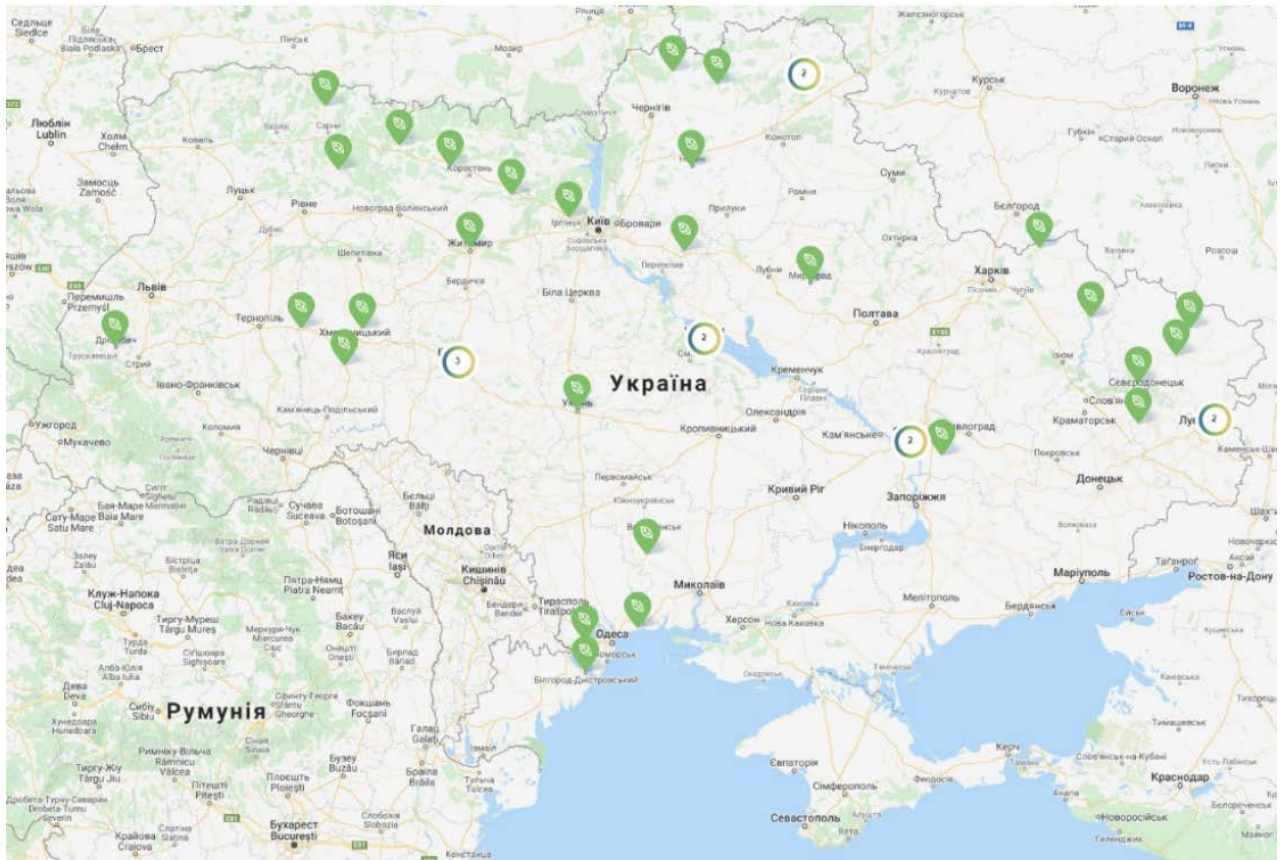


Рисунок 2.4 – Карта розташування потенційні проекти розширення мереж енергетичних комплексів на основі біопалива

Крім подібних проектів в Україні, які також реалізовано проекти з виробництва біогазу та його подальшого цільового використання. Однак більшість цих проектів спрямовані на отримання біогазу з полігонів ТПВ. Зрозуміло, що отримання біогазу з полігонів ТПВ не використовується виключно для безпосередньої утилізації рослинних відходів для отримання біогазу, проте ці комплекси є перспективною основою для розвитку в цьому напрямку, тобто створення біогазових комплексів. на їх основі. Існують кейси впровадження біогазових комплексів з використанням відходів тваринного і рослинного походження як сировини потужністю до 12 МВт, що на порядок перевищує потужність комплексів, що вловлюють біогаз з полігонів ТПВ. Крім того,

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

очікується реалізація деяких проектів біогазових комплексів на основі рослинних відходів (таблиця 2.3). Географія розташування майбутніх комплексів наведена на рисунку 2.5.

Таблиця 2.3 - Узагальнена характеристика майбутніх біогазових комплексів

Біогазовий комплекс	Потужність, кВт	Розташування	Паливо
Будівництво біогазового комплексу	3 000	с. Чорний Ріг, Чернігівська обл.	силос кукурудзи
ТОВ "Біострум"	1 000	смт. Велика Димерка, Київська обл.	кукурудзяний силос та гній ВРХ
Будівництво біогазового комплексу	2 000	м. Решетилівка, Полтавська обл.	відходи свиноферм та м'ясокомбінату
«Сорговий Мед» та біогазовий комплекс із переробки відходів сільхозвиробництва	2 126	Старобільський р-н, Луганська обл.	відходи виробництва «соргового меду»
Біогазова станція	330	с. Бзів, Київська обл.	відходи тваринництва, рослинництва, харчові відходи

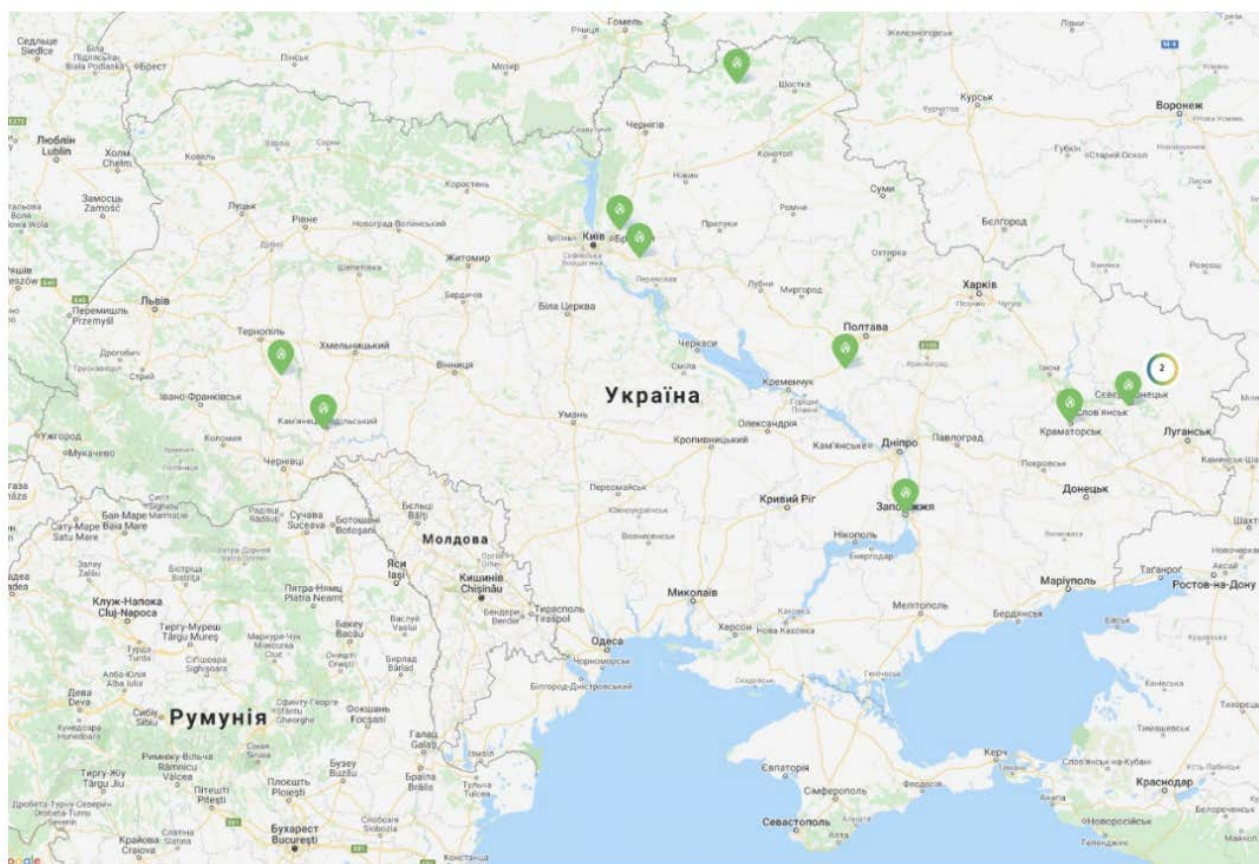


Рисунок 2.5 – Карта розташування майбутніх біогазових комплексів

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

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

ТС 21510170

Тому енергетична утилізація рослинних відходів може бути реалізована не лише прямим спалюванням у котлах. Перспективним напрямком розвитку є будівництво об'єктів біогазового комплексу з метою отримання біогазу. Проте рівень впровадження біогазових установок залишається низьким. У більшості випадків Україна надає пріоритет розвитку енергетичних комплексів для прямого спалювання відходів виробництва [15].

2.2 Характеристика технологій утилізації рослинних відходів

Враховуючи фізико-хімічні властивості рослинних відходів та їх різноманітність, найбільш перспективними технологіями утилізації рослинних відходів є пряме спалювання, піроліз, газифікація, анаеробне зброджування з отриманням метану, виробництво спирту та масла для автомобільного палива.

Технологія використання відходів рослинного походження постійно вдосконалюється для забезпечення споживачів енергією в зручній для них формі при забезпеченні належного рівня екологічної безпеки при поводженні з відходами рослинного походження. Насправді енергію у рослинних відходах отримують фізичними, хімічними чи мікробними методами, (рисунок 2.6).



Рисунок 2.8 – Методи енергетичної утилізації рослинних відходів

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

На рисунку 2.7 представлено розбивку технологій поступового перетворення рослинних відходів на енергоносії.

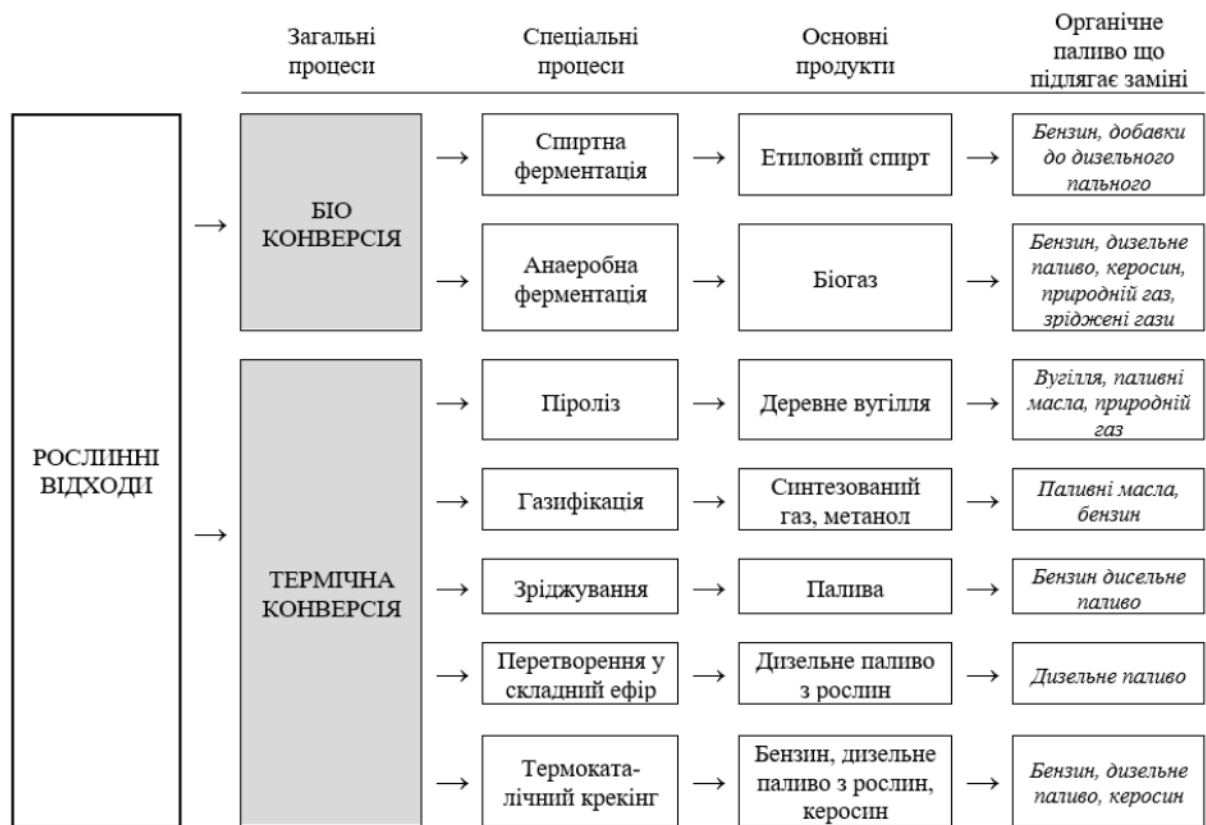


Рисунок 2.7 - Технології енергетичної утилізації рослинних відходів

Варто зазначити, що кожен із найпоширеніших методів отримання енергії з рослинних відходів має переваги та недоліки. Тому пряме спалювання відходів рослинництва є одним із найдавніших способів отримання теплової енергії, і при порушенні стану горіння (брак кисню в камері згорання, згорання палива) забруднювачі будуть надходити в атмосферу у великих кількостях.

Піроліз біомаси передбачає хімічне перетворення одних органічних сполук в інші під дією тепла за відсутності кисню. Враховуючи природу сировини, було розроблено багато процесів піролізу. Основними продуктами піролізу можуть бути вуглецеві речовини, паливні рідини, паливні гази і часто центром технічного процесу є лише отримання теплової енергії (спалювання). Однак такий процес вимагає енергетичних витрат, що характеризується складністю технічної реалізації.

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№тодл.	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510170	Арк
											27

Газифікація – вид піролізу, спрямований на отримання більш екологічного для транспортування та подальшого спалювання газоподібного палива. Будь-яке паливо можна газифікувати для отримання генераторного газу з широким спектром використання. Результатом газифікації рослинних відходів є низькокалорійний газ, який добре працює в газових турбінах і парогазових електростанціях.

Під час анаеробного бродіння складні органічні речовини розщеплюються з утворенням біогазу (до 70%) у вигляді суміші вуглекислого газу та метану. Особливо важливо під час анаеробного бродіння створити в реакторі метантенка оптимальні технічні умови: температуру, надходження кисню, достатню концентрацію поживних речовин, прийнятний рН, відсутність або низьку концентрацію токсичних речовин. Анаеробне бродіння є технічно складним процесом, але на відміну від попередніх методів має високу екологічну безпеку для природного середовища [13, 16].

2.2.1 Пряме спалювання

Пряме спалювання рослинних відходів є одним із найдавніших методів отримання тепла. Однак цей підхід має багато технічних та екологічних недоліків. Тому, щоб забезпечити найбільш повне згоряння рослинних відходів, в результаті чого утворюються лише вуглекислий газ і вода, без шкоди для навколишнього середовища, необхідно враховувати фізико-хімічні властивості відходів.

У комунальному господарстві населених пунктів як паливо для твердопаливних котелень можуть використовуватися частина відходів деревини, а також продукти переробки однорічних і багаторічних трав'янистих енергетичних культур (верба енергетична, сорго, міскантус, просо, горлиця та ін.), переробка відходів сільського господарства (стебла), полови, соняшнику, зернових та інших культур. Високі вимоги до надійності та безперервної роботи системи опалення вимагають проектування котельень на рослинних відходах, а

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

також теплових електростанцій на традиційних викопних видах палива, переважно природному газі.

До технічного обладнання для безпосереднього спалювання відходів рослинництва відносяться печі, котли та камери згоряння. Прикладом такої технології є енергетичний комплекс з автоматичним спалюванням відходів, тепловою потужністю від 100 до 2000 кВт (рисунк 2.8).

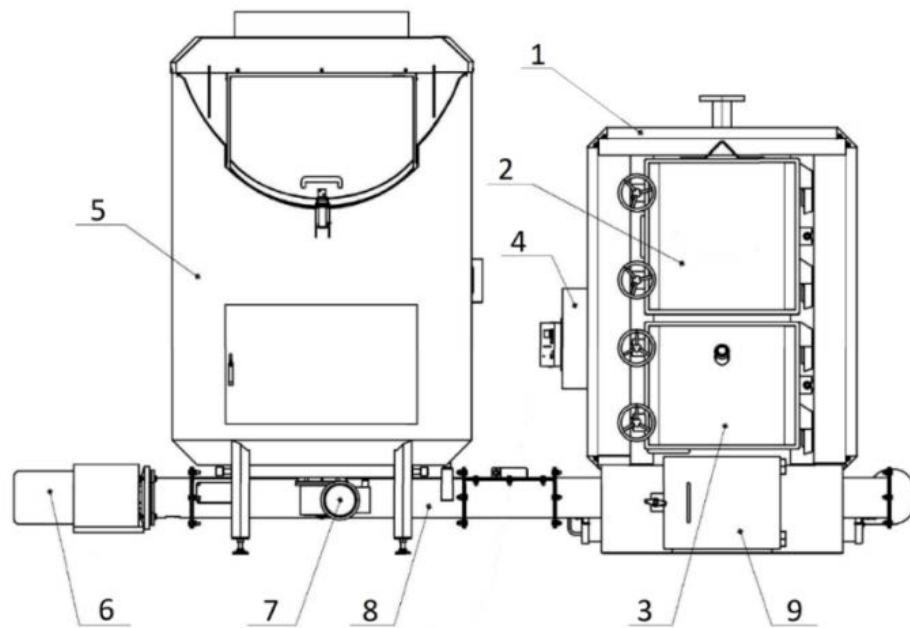


Рисунок 2.8 - Енергетичний комплекс для отримання теплової енергії з рослинних відходів: 1 – котел; 2 – дверцята ревізійні; 3 – дверцята топки; 4 – блок автоматики управління; 5 – бункер для палива з механізмом ворущіння; 6 – мотор-редуктор механізму подачі палива; 7 – мотор-редуктор механізму ворущіння; 8 – мотор-редуктор механізму подачі палива; 9 – дверцята зольного відсіку.

Подібні комплекси використовуються для обігріву приміщень різного призначення, в тому числі і житлових будинків. Вони працюють в автоматичному режимі, використовуючи як паливо сипучі рослинні відходи: стружку, тирсу, тріску, пелети, кору, тирсу, а також відходи переробки соняшнику, горіхів, льону та інших видів рослинних залишків.

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

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

ТС 21510170

Принцип роботи. Масове паливо засипається в бункер, звідки за допомогою шнекового механізму при необхідності направляється з бункера у високотемпературну камеру котла. Котли підтримують задану температуру води і автоматично спалюють необхідну кількість відходів. Більшість сучасних котлів оснащені автоматичною подачею палива. Такі системи мають більш ефективну систему регулювання процесу горіння, ніж котли з ручним завантаженням

Викиди від неповного згорання палива є наслідком недостатнього змішування повітря та палива в зоні горіння, загального браку кисню та надзвичайно низьких температур горіння. Внаслідок неповного згорання котельного палива в атмосферу потрапляють наступні забруднюючі речовини:

- оксид вуглецю (СО);
- оксиди азоту (N₂O)
- тверді частки (ТЧ);
- неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС);
- аміак (NH₃);
- поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ);
- поліхлоровані дибензодіоксини та фурани (PCDD/F).

На жаль, повністю унеможливити процес утворення шкідливих продуктів горіння не вдається. Якщо на електростанції великої потужності (котельні) можна значно знизити концентрацію забруднюючих речовин за рахунок удосконалення пилоуловлювача, спорудження циклонного пиловловлювача, надземного трубопроводу, то на електростанції малої потужності є лише два рішення: використовувати високоякісного сухого паливо з низькою зольністю чи технічне переоснащення існуючої технології [16, 17].

2.2.2 Піроліз та газифікація

Газифікація являється один із напрямів використання енергії рослинних відходів, що передбачає перетворення їх у горючі газу. Дана технологія

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

передбачає використанням вільного або зв'язаного кисню у формі H_2O або CO_2 при високій температурі.

Газифікувати можна будь-які вид рослинних відходів. У свою чергу, генераторний газ має широкий спектр використання і може використовуватися для уловлювання тепла в побутових і різноманітних промислових процесах, або як сировина для отримання водню, аміаку, метанолу та рідкого біопалива. Ефективним є впровадження установки газифікації в газотурбінних і парогазових електростанціях.

Хоча існує багато типів методів газифікації, усі вони мають однакові характеристики реакції, як показано на рисунку 2.9.

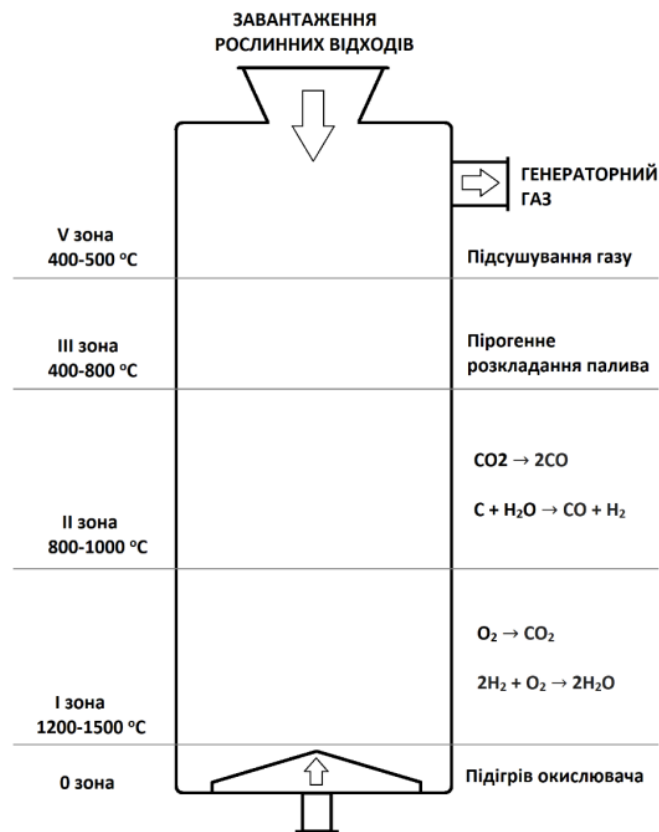


Рисунок 2.9 - Схематичне зображення процесу газифікації рослинних відходів

Процес газифікації подібний до процесу горіння. Вони засновані на хімічному поєднанні вуглецевого і водневого палива з окислювачем (киснем). Основна відмінність полягає в тому, що під час горіння вуглець повністю окислюється, тоді як під час газифікації (за умов дефіциту кисню) вуглець

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

31

окислюється частково. Отриманий таким чином генераторний газ має багато переваг, серед яких відсутність золи т інших домішок, високий коефіцієнт використання тепла та придатність для транспортування.

За призначення генераторний газ поділяють на:

- котельний, що використовується для подальшого спалювання;
- технологічний, що використовується для синтезі рідких біопалив;
- моторний (силовий), що використовується для спалювання у двигунах внутрішнього згорання чи турбінах.

На викиди забруднюючих речовин від спалювання генераторного газу впливає вміст хімічних елементів (азоту, сірки та хлору) у сировинні для піролізу. У таблиці 2.4 наведено дані про можливі концентрації різних хімічних елементів в окремих видах рослинних відходів.

Таблиця 2.4 – Орієнтовний вміст різних хімічних елементів у деяких рослинних відходах

Хімічний елемент/ Показник	Орієнтовний вміст у рослинних відходах, %			
	Солома пшениці	Солома ріпаку	Деревина	Тополя енергетична
Азот, N	0,7	0,37	0,3	0,81
Сірка, S	0,15	0,11	0,05	0,03
Хлор, Cl	0,4	0,15	0,02	0,01
Кремній, Si	0,8	-	0,1	-
Кальцій, Ca	0,4	0,9	0,2	-
Магній, Mg	0,07	-	0,04	-
Калій, K	1,0	0,56	0,1	0,21
Зола, A	4,5	4,4	1,0	1,7
Температура плавлення золи, °C	1 000	1 000 – 1 100	1 425	-

Варто зазначити, що азот у компонентах рослинних відходів окислюється при значно нижчих температурах, ніж азот повітря, тому утворення сполук азоту під час газифікації в основному відбувається за рахунок азоту, що міститься у рослинних відходах.

Враховуючи елементний склад рослинних відходів і вимоги екологічної безпеки виробництва енергії, газифікація придатна лише для утилізації деревини

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

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

ТС 21510170

та деревних відходів. Останнє суттєво обмежує перелік відходів, які підлягають газифікації, тому метод є менш перспективним для енергетичної утилізації відходів рослинного походження [18, 19].

2.2.3 Анаеробна ферментація

Під час анаеробного бродіння складна органічна речовина, що міститься в рослинних відходах, розкладається на CO_2 і CH_4 , і утворюється біогаз у вигляді суміші вуглекислого газу та метану, з яких метан може становити 70%. Цей газ, який часто називають біогазом, використовується як паливо.

Технологія виробництва енергії з біогазу не завдає шкоди навколишньому середовищу, оскільки не спричиняє додаткових викидів парникових газів CO_2 та раціонально використовує рослинні відходи. На відміну від енергії вітру та сонячного випромінювання, планування установок для виробництва біогазу не залежить від клімату та погодних умов. Крім того, на відміну від традиційних джерел енергії, біогаз в Україні має високий відновлюваний потенціал.

Сучасні сфери застосування біогазу включають:

- пряме спалювання для виробництва електроенергії або тепла;
- збагачення палива в газотурбінних установках для спільного виробництва тепла та електроенергії;
- використання у якості палива для двигунів внутрішнього згорання.

Процес анаеробного бродіння здійснюється в спеціальних реакторах-метантенках без доступу кисню. Принципова схема комплексної біогазової установки анаеробного зброджування відходів виробництва наведена на рисунку 2.10.

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

33

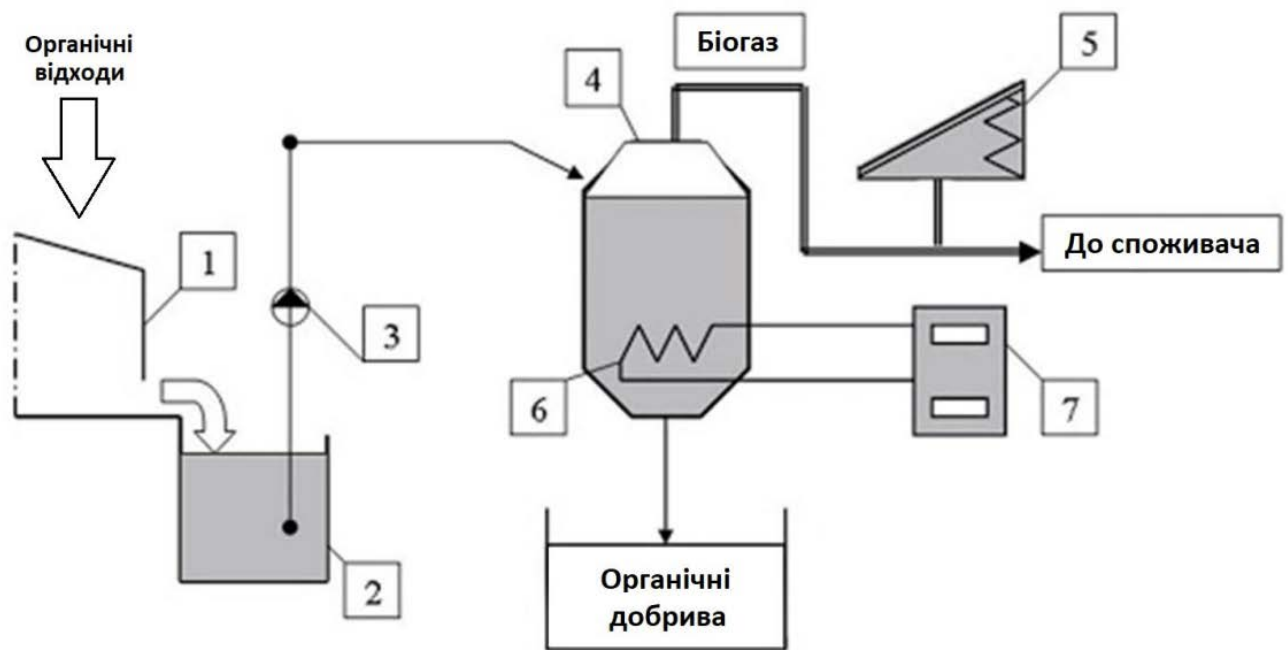


Рисунок 2.10 - Принципова схема біогазового комплексу для анаеробного зброджування рослинних відходів: 1 – ємність збору відходів; 2 – ємність для підготовки та гомогенізації відходів; 3 – насосна станція (шнекові насоси) для транспортування відходів до метантенку; 4 – реактор (метантенк); 5 – газгольдер для збирання біогазу; 6 – система підігріву реактору для підтримання заданої температури в метантенку; 7 – генератор тепла

Опис перебігу анаеробної ферментації. Біомаса витримується за відсутності кисню протягом певного періоду часу, зазвичай при температурі 30–37 °С або 55–60 °С. У цих умовах під дією бактерій частина органічних речовин розкладається і утворює газ, що містить у різних співвідношеннях 60-70% метану, 30-40% вуглекислого газу, до 3% сірководню, а також водень, домішки аміаку та оксиду азоту. Газ не має неприємного запаху, а теплота згоряння досягає 25 МДж/м³, що еквівалентно теплоті згоряння 0,6 л бензину, 0,85 л спирту або 1,7 кг дров.

На першому етапі, (рисунок 2.11) складні органічні полімери (клітини, білки, жири тощо) під дією анаеробних бактерій розщеплюються на простіші сполуки: леткі жирні кислоти, нижчі спирти, водень і оксид вуглецю, оцтову і

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

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

ТС 21510170

мурашину кислоти. , метиловий спирт. На другому етапі бактерії перетворюють органічні кислоти на метан, вуглекислий газ і воду.

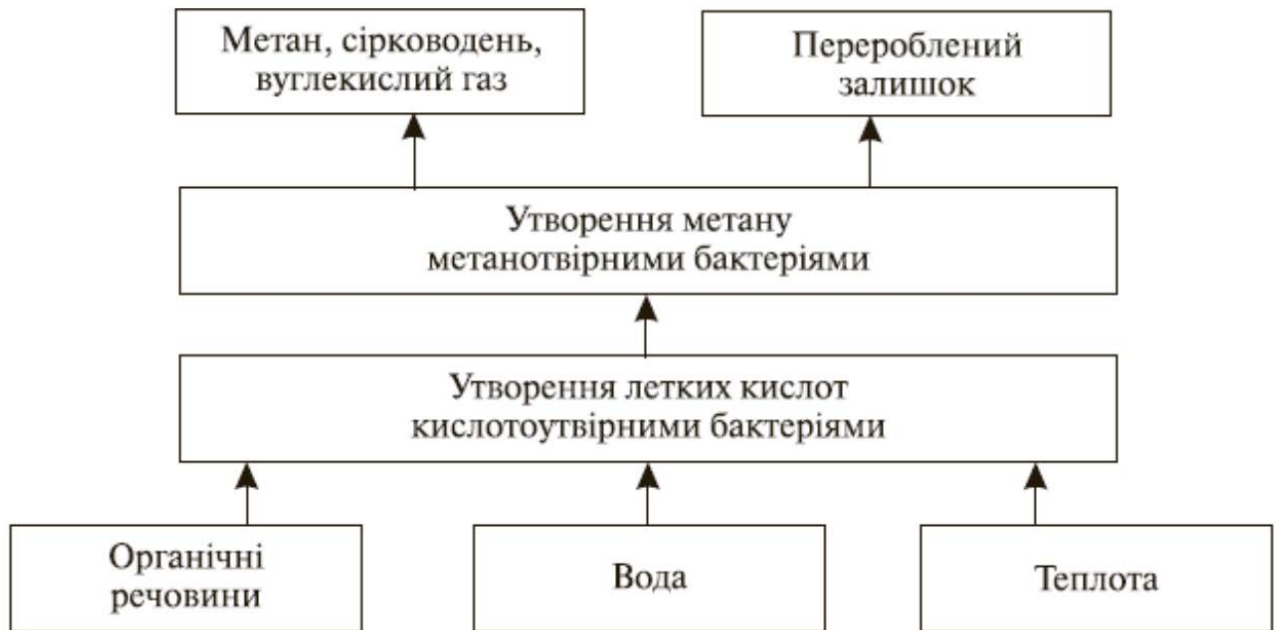


Рисунок 2.11 – Процес отримання біогазу

Температура значною мірою впливає на ефективність процесу анаеробного бродіння органічних речовин. Найвигідніше стимулювати розвиток мезофільної та термофільної бактеріальної флори при температурах 30-40°C і 50-60°C відповідно. Перед вибором відповідної моделі необхідний належний аналіз кліматичних та економічних умов.

Сучасні біогазові установки відрізняються за розмірами: від малих з продуктивністю 3-8 м³ до середніх (25-170 м³) і великих (250-500 м³ і більше). Виробництво біогазу є економічно виправданим при роботі з постійним потоком відходів (стоки з тваринницьких ферм, боєнь, потоки рослинних відходів тощо).

Використання біогазу в агропромислових комплексах є особливо вигідним, оскільки там можна досягти повного екологічного циклу. Використовується для освітлення, опалення, приготування їжі, забезпечення руху різної техніки, транспорту та генераторів. У свою чергу, залишок, що утворюється, є цінним продуктом, який можна використовувати як органічне добриво.

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

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

ТС 21510170

Значною перевагою біогазових установок є те, що вони одночасно функціонують як очисні споруди, зменшуючи забруднення ґрунту, води та повітря. На відміну від малих ГЕС, вітряних і сонячних електростанцій, які є пасивно чистими (використовують екологічно чисті джерела енергії), біогазові установки є активно чистими, тобто усувають екологічну небезпеку продуктів, які використовуються як первинні джерела енергії [9, 17 -19].

2.3 Визначення можливості енергетичної утилізації рослинних відходів сільського господарства

Енергетичний потенціал – це кількість енергії, яка є легкодоступною (споживаною) з урахуванням економічних, екологічних, соціальних та інших факторів.

Усі рослинні відходи можна розділити на первинні та вторинні. Первинні відходи утворюються при збиранні врожаю і включають солому різних культур та відходи такі як стебла і стрижні. Вторинними відходами називають побічні продукти переробки забраного врожаю культур (лушпиння, жом, тощо).

Для оцінки енергетичного потенціалу первинних рослинних відходів застосовують наступну формулу:

$$E_{п} = V \cdot K_{в} \cdot K_{т} \cdot K_{с} \cdot K_{п} \quad (2.1)$$

де $E_{п}$ – енергетичний потенціал, тис т. у. п.;

V – валовий збір певної сільськогосподарської культури, тис. т;

$K_{в}$ – коефіцієнт відходів для кожного виду культур;

$K_{т}$ – коефіцієнт технічної доступності відходів, який характеризує кількість соломи/стебел, котра може бути отримана при існуючій технології збирання сільськогосподарських культур;

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

K_e – коефіцієнт енергетичного використання, що вказує, яку частину відходів можливо використати для отримання енергії;

K_n – коефіцієнт перерахунку в умовне паливо.

Ситуація з наявністю надлишку соломи зернових культур, доступного для енергетичного застосування, дуже відрізняється для різних областей України і навіть районів однієї області. Відповідно, суттєво відрізняється і коефіцієнт енергетичного використання соломи. Цей коефіцієнт визначається, головним чином, виходячи з потреб сільського господарства у соломі для тваринництва та добрива, що задовольняє критерії сталості.

У таблиці 2.5 наведено дані щодо енергетичного потенціалу відходів деяких видів сільськогосподарських культур.

Таблиця 2.5 – Енергетичний потенціал деяких первинних видів сільськогосподарських культур

Сільськогосподарська культура	Енергетичний потенціал, тис т. у. п
пшениця	3775
ячмінь	825
жито	68
інші зернові	100
зернобобові	89
кукурудза на зерно	10718
соняшник	8921
ріпак і кольза	2080
соя	1686

З даних, наведених у таблиці 2.5 видно, що серед первинних відходів сільського господарства найбільший економічний потенціал мають відходи соняшнику (стебла, кошики, лушпиння) та кукурудзи (стебла, листя, качани). Солома зернових та ріпаку посіли третє та четверте місця відповідно.

Крім первинних відходів важливу роль відіграють вторинні відходи, що утворюються на підприємствах рослинництва. Зазвичай їх обсяг менше основного обсягу. Практично всі ці відходи використовуються для виробництва «покрщеного біопалива»: пелет і брикетів. На енергетичний потенціал

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

вторинних відходів найбільше впливає кількість продукції, що підлягає переробці, та кількість відходів, що утворюються на 1 т культури. До основних вторинних відходів належать насіння соняшнику та буряковий жом.

У таблиці 2.6 наведено дані щодо енергетичного потенціалу вторинних відходів сільськогосподарських культур.

Таблиця 2.6 – Енергетичний потенціал деяких вторинних видів сільськогосподарських культур

Показник	Сільськогосподарська культура	
	Соняшник	Жом
Валовий збір/обсяг виробництва, тис. т	14 165	13 968
Обсяг відходів, тис. т	2 125	6 286
Енергетичний потенціал, тис. т. у. п.	1 168,6	189

Соняшник є однією з основних сільськогосподарських культур в Україні, і його виробництво зростає. Процес переробки насіння соняшнику на олію в сучасних умовах включає стадію обрушення насіння, коли з'являється лушпиння. Для олійно-жирових комбінатів лушпиння є не лише відходом виробництва, а все частіше стає елементом додаткового прибутку.

Жом є побічним продуктом виробництва цукру на заводах. Велика частина м'якоті залишається невикористаною. За розрахунками, при переробці 1 т цукрових буряків можна отримати 800 кг пюре або 238 кг пресованого жому. Біогазова установка на базі цукрового заводу може забезпечувати потреби в електроенергії власне заводу або використовуватися в локальній тепловій мережі [20].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

38

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ

3.1 Характеристика відходів цукрового виробництва

Основними технологічними операціями при виробництві цукру являються вилучення цукру з буряків та процес дегідратація з метою кристалізації сахарози. Технологічна схема виробництва цукру наведена на рисунку 3.1.

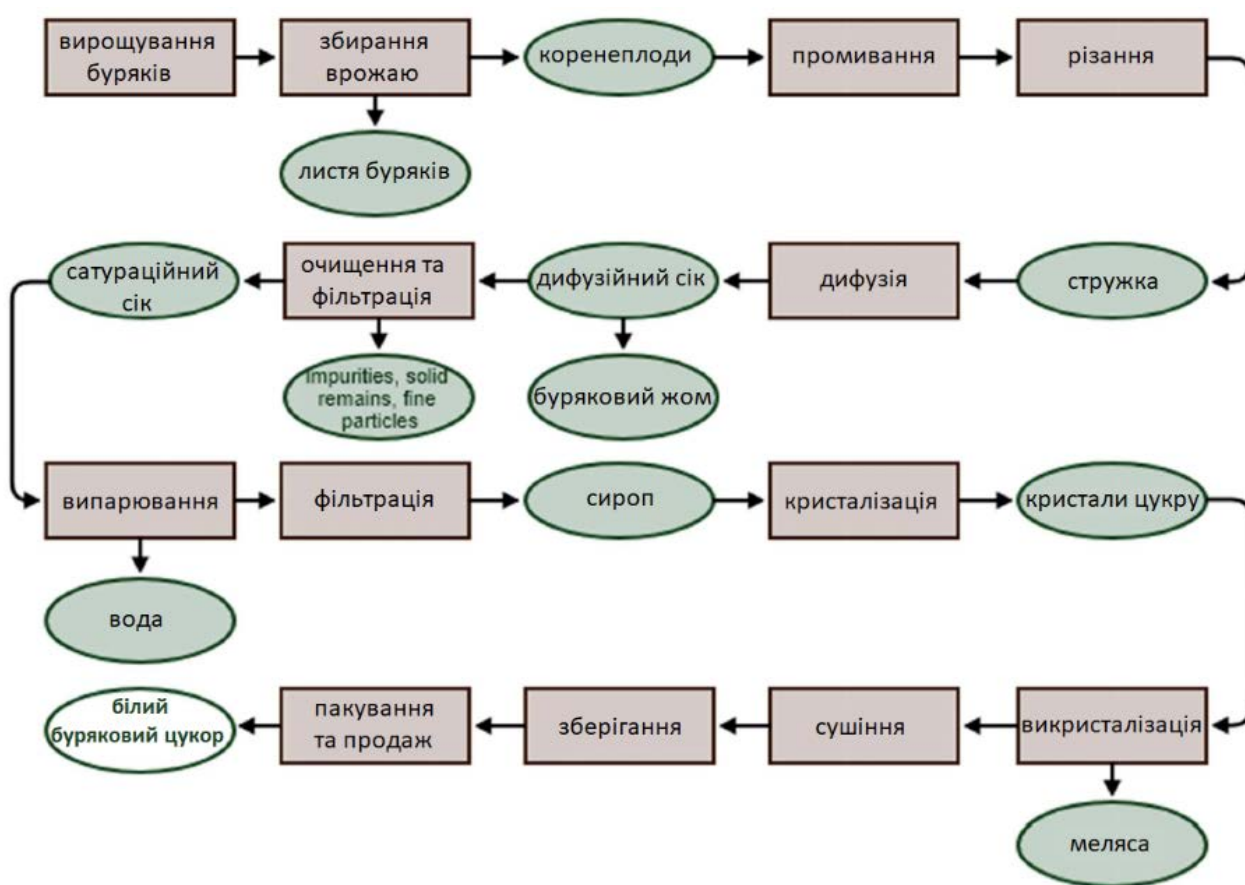


Рисунок 3.1 – Технологічна схема виробництва цукру

Цукор із буряків добувають гарячою водою. В результаті виходить дифузійний сік, який потім очищають, фільтрують і концентрують циклами промивання і випарювання. Для отримання кінцевого продукту сироп проходить процес кристалізації. Потім отриманий білий цукор кристалізується для

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

отримання високоякісного рафінованого цукру. На різних етапах переробки цукрових буряків отримують різні продукти.

При виробництві цукру вихід побічних продуктів становить, у відсотках від маси буряків: бадилля – 50-70 %, жому свіжого – 70-90%, дефекату – 9,8-12 % і меляси – 4-6 %. Отже, цукрове виробництво є великим джерелом вторинних сировинних ресурсів і відходів.

Жом є цінним кормовим продуктом, але в кислому вигляді він втрачає до половини сухої речовини. Жом містить багато амінокислот і азотистих речовин, саме тому поширеною є практика застосування жому у якості корму для великої рогатої худоби. Проте існують і інші напрямки його переробки, серед яких:

- використання у якості рослинної добавки чи сировини для добування пектину, харчових волокон, тощо;
- спалювання у енергетичних установках;
- використання у якості сировини для виробництва біогазу.

Враховуючи великий обсяг переробки буряка та виробництва бурякового жому, можна відзначити, що переробка, зберігання та утилізація бурякового жому є серйозною проблемою.

Меляса є побічним продуктом виробництва бурякового цукру і являє собою густу коричневу рідину, яка залишається як відходи цукру після переробки буряка. Вона містить близько 20 % води, 9 % сирого протеїну і близько 10 % золи.

Мелясу часто додають до комбікорму для поліпшення смакових якостей і як сполучну речовину при гранулюванні комбікорму. Коефіцієнт інтродукції всіх видів сільськогосподарських тварин становить 3-4 %.

Мелясу зберігають у металевих резервуарах або бетонних ємностях. Термін зберігання - 5-8 місяців. Це цінна сировина для біотехнологічного виробництва, одержувана з меляси шляхом зброджування: при анаеробному зброджуванні - етанолу, молочнокислої, масляної та інших кислот; при аеробному зброджуванні - лимонної, фумарової, щавлевої та оцтової кислот.

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Відходи цукрового виробництва можна обробляти різними способами для отримання не тільки цукру, але й цінних хімічних речовин, які можна використовувати в біопаливі, синтетичних матеріалах і фармацевтичних препаратах. Наприклад, сік бурякового спреду вважається хорошою сировиною для етанолового бродіння через високий вміст зброджуваних цукрів. Озонування є ефективним методом стабілізації нових ферментаційних середовищ для біотехнологічного виробництва добавок до рідкого палива. Отриманий етанол відносно дешевий і може використовуватися як паливо або присадка до палива. Гідролізати цукру також розглядаються як альтернативна сировина для виробництва біорозкладаної пластмаси, палива або їх біокомпонентів [21 - 23].

3.2 Розробка схеми енергетичної утилізації відходів виробництва цукру

Основним шляхом енергетичної утилізації органічної речовини (в тому числі й відходів виробництва цукру) являється їх анаеробна ферментація з отриманням біогазу. На рисунку 3.2 наведена пропонована схема енергетичної утилізації відходів цукрового виробництва.



Рисунок 3.2 – Пропонована схема енергетичної утилізації відходів цукрового виробництва

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Біогазова технологія заснована на складному природному процесі біологічного розкладання органічних речовин в анаеробних умовах, тобто без доступу кисню. Процес анаеробного бродіння відбувається в спеціальних ємностях – біореакторах.

Існує два технічних варіанти процесу анаеробного бродіння: термофільний (51-55 °С) і мезофільний (30-40 °С). У термофільному режимі реакція протікає вдвічі швидше, ніж у нормальному температурному режимі, і завдяки більш високій температурі знищується більше патогенних мікробних угруповань, але він потребує значних енерговитрат і є більш точним, ніж мезофільний режим регулювання параметрів процесу.

Середньотемпературний режим споживає менше енергії і менш вибагливий до збереження точності параметрів процесу, але значно повільніший за швидкістю реакції. В результаті кількість газу на виході більша, а якість отриманого біодобрива краща.

Під час переробки органічної сировини в реакторі виділяється газова суміш, яка у вигляді бульбашок піднімається в біогазовий резервуар, після чого біогаз виводиться назовні і вже придатний для простого спалювання. Крім того, суміш у біореакторі постійно перемішують для стабільного перебігу процесу.

Під час анаеробного зброджування ефективність виробництва біогазу залежить від багатьох факторів, включаючи конструкцію камери бродіння, параметри процесу та хімічний склад субстрату, який забезпечує поживними речовинами мікроорганізми, які розкладають біомасу. Швидкість виробництва біогазу в основному обмежується розщепленням полісахаридів. Іншим фактором, що знижує виробництво біогазу, є наявність лігніну та кристалічної целюлози, які обмежують доступ гідролітичних ферментів до целюлози та геміцелюлози. Враховуючи ці обмеження, сировина повинна пройти різні форми попередньої обробки (теплової, тискової та/або механічної).

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

42

3.3 Розрахунок продуктивності біогазового реактору та когенеративної установки

У подальших розрахунках, прийнята продуктивність цукрового заводу становить 5 000 т/добу.

Одним із принципових факторів розрахунку являється вміст сухою речовини у вихідному продукті. Згідно довідкових даних, з 1 кг цукрових буряків отримується 0,05 кг сухої речовини, в той час як в жомі вміст сухої речовини може сягати 25 %. Відповідно, з 1 кг буряків вихід жому становить (формула 3.1):

$$m_{\text{пресжому}} = (m_{\text{сухреч}}/\text{сух.реч}) \cdot 100 \% \quad (3.1)$$

$$m_{\text{пресжому}} = (0,05/21) \cdot 100 \% = 0,238 \text{ кг}$$

Масу жому, що утворюється протягом доби розраховуємо за формулою 3.2:

$$m_{\text{добрив}} = m_{\text{пресжому}} \cdot N_{\text{добрив}} \quad (3.2)$$

$$m_{\text{добрив}} = 0,238 \cdot 5\,000\,000 = 1\,190 \text{ т}$$

Коріння та стебла буряків також можуть бути використані як сировина для біогазових установок. У цеху потужністю 5000 тонн на добу накопичується близько 50-60 тонн буряків і хвостів. Знаючи масо-енергетичний потенціал усіх компонентів вихідної сировини біогазової установки, можна розрахувати вихід біогазу при роботі біогазової установки в нормальному режимі за наступними формулами 3.3 та 3.4:

$$W_{\text{добрива}} = m_{\text{добрива}} \cdot G_{\text{жому}} \quad (3.3)$$

$$W_{\text{добрива}} = 1\,190 \cdot 100 = 119\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$W_{\text{хвості, бадилля}} = m_{\text{хвості, бадилля}} \cdot G_{\text{хвості, бадилля}} \quad (3.4)$$

$$W_{\text{хвості, бадилля}} = 50 \cdot 200 = 10\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$$

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

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

ТС 21510170

Отже, добовий вихід біогазу становить (формула 3.5):

$$\sum W_{\text{добовий}} = W_{\text{хвості, бадилля}} + W_{\text{добрива}} \quad (3.6)$$

$$\sum W_{\text{добовий}} = 119\,000 + 10\,000 = 129\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Приймаємо, що цукрове виробництво працює 122 днів на рік. Виходячи з цього розраховуємо річний вихід біогазу за формулою: 3.7:

$$\sum W_{\text{сезонний}} = W_{\text{добовий}} \cdot T_{\text{робота}} \quad (3.7)$$

$$\sum W_{\text{сезонний}} = 129\,000 \cdot 122 = 15\,738\,000 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Для виробничої роботи біогазової установки та більш ефективного використання біогазу необхідно спалювати висушений та очищений біогаз у теплоенергетичному агрегаті для виробництва електроенергії та тепла. Відповідно до різного вмісту метану в 1 м³ біогазу можна отримати 1,7-2,1 кВт електроенергії та 2,5-3,1 кВт теплової енергії, що може забезпечити потреби підприємств.

Отже, виходячи із добової продуктивності біогазової установки можна розрахувати вихід електроенергії та теплоенергії за наступною формулою 3.8:

$$N_{\text{електроен}} = \sum W_{\text{сезон}} \cdot 1,9 \quad (3.8)$$

$$N_{\text{електроен}} = 15\,738\,000 \cdot 1,9 = 29\,902\,200 \text{ кВт} = 29,9 \text{ МВт}$$

$$N_{\text{теплоен}} = \sum W_{\text{сезон}} \cdot 2,9 \quad (3.9)$$

$$N_{\text{теплоен}} = 15\,738\,000 \cdot 2,9 = 45\,640\,200 \text{ кВт} = 45,6 \text{ МВт}$$

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

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

44

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Небезпечні та шкідливі фактори при процесі утилізації рослинних відходів

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори нерозривно пов'язані між собою. До таких факторів належать чинники, що призводять до погіршення стану здоров'я людини або травми внаслідок тривалого чи короткочасного впливу на особу [1, 2, 4, 8, 9].

Взагалі будь-який фактор, який впливає на працівників, знижує їхню працездатність або викликає різні захворювання (професійні захворювання). Межа між двома наборами факторів досить умовна.

Загалом усі шкідливі та небезпечні фактори поділяються на 4 групи:

- хімічні,
- біологічні,
- психофізіологічні.
- хімічні.

Хімічні фактори. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори хімічної природи поділяються за дією на організм людини на:

- токсичні: негативно впливають на весь організм, наприклад чадний газ, ртуть, свинець;
- дратівливі: ацетон, хлор, оксиди азоту подразнюють слизові оболонки. –
- канцерогенні: оксид хрому, берилій та їх сполуки можуть призводити до розвитку ракових клітин, викликати алергічні реакції, та мутації.

На будь-якому виробництві, у тому числі й щодо утилізації рослинних відходів, завжди є процеси та обладнання, які містять у собі хімічних речовин. Для прикладу: робота з реагентами різного походження, ремонт обладнання та

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

45

устаткування біореактору чи іншого обладнання, що включає знежирення, нанесення лакофарбового матеріалу, тощо.

Під час реалізації всіх цих процесів викид шкідливих речовин неминучий, але, як правило, збільшення шкідливих речовин пов'язане з недотриманням технології або неналежним використанням [2, 9]. Специфічні хімічні речовини під час процесу енергетичної утилізації рослинних відходів відсутні.

Фізичні фактори. На багатьох виробництвах взагалі неможливо уникнути впливу фізичних факторів [9]. Серед них особливе місце займають мікроклімат, шум та вібрації, електромагнітне випромінювання.

Кожен фактор окремо не становить особливої небезпеки для здоров'я людини при короткочасному впливі, але працівники зазвичай проводять тривалий період часу під дією вказаних вище чинників, тому їх вплив стає масштабнішим.

Шум завжди був присутній на підприємствах, які використовують машини та інше обладнання. Під час утилізації енергетичної утилізації рослинних відходів джерелами шуму виступають насоси, змішувачі, подрібнювачі, тощо.

Гучні звуки можуть викликати головний біль, підвищення артеріального тиску та втрату слуху. Такі умови призводять до зниження працездатності, втоми та зниження концентрації, що може призвести до нещасних випадків.

Вібрація входить до переліку шкідливих виробничих факторів. Вона поділяється на кілька категорій:

- за способом транспортування: загальна і місцева;
- за напрямом: вертикальна та горизонтальна;
- за тривалістю дії: тимчасова та постійна.

Через постійний вплив вібрації починає пошкоджуватися не тільки нервова система, але і рухова та сенсорна. Працівники, які змушені працювати в таких умовах, часто скаржаться на головний біль.

Джерелом вібрації під час утилізації рослинних відходів будуть рухомі частини біогазового реактору.

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк
46

До психофізіологічних факторів відносять обтяженість умов праці та їх інтенсивність. Наприклад, фізичні навантаження, стрес, перевтома, тощо [24, 25].

4.2 Розрахунок первинних засобів пожежогасіння

Первинні засоби гасіння пожежі спрямовані на ліквідацію осередку невеликої пожежі та гасіння пожежі на початкових стадіях розвитку до прибуття спеціального підрозділу пожежогасіння.

До основних засобів гасіння пожежі належать:

- вогнегасники;
- пожежний інвентар (ковдри з негорючої ізоляційної тканини, махорки або повсті; ящики з піском, відра, пожежні відра, лопати);
- пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири) тощо).

Вогнегасники та пожежний інвентар повинні бути пофарбовані в червоний колір, а на відра для води та ящики для піску мають відповідні написи білою фарбою (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Первинні засоби пожежогасіння

Для визначення виду та кількості основних вогнегасних речовин необхідно враховувати фізико-хімічні та пожежонебезпечні характеристики горючих

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 21510170	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

речовин, їх взаємодію з вогнегасними речовинами, розміри промислових цехів, відкритих майданчиків і споруд.

Для кожного поверху і приміщення здійснюється окремий розрахунок первинних засобів пожежогасіння.

Розміри протипожежних ковдр повинен бути не менше 1x1 м. Такі ковдри використовуються для гасіння невеликих пожеж та пожеж на початковому етапі, які для процесу горіння потребують доступу кисню.

Відра для зберігання води, що використовуються для пожежогасіння, повинні мати місткість не менше 0,2 м³ і бути обладнані пожежним відром місткістю не менше 0,008 м³.

Пожежні щити встановлюються з розрахунку 1 пожежний щит на 5000 м² площі приміщення чи території. Кожен такий щит має бути обладнаний наступними засобами пожежогасіння: вогнегасник - 3 шт., ящик з піском - 1 шт., покривало з негорючого матеріалу; гаки - 3 шт., лопата - 2 шт., лом - 2 шт., сокира - 2 шт.

Ємність для піску є конструктивним елементом будь-якого пожежного щита і повинна мати місткість не менше 0,1 м³. Конструкція ящика (ємності) повинна забезпечувати зручність забору піску і виключати можливість осідання. Осередок пожежі можна загасити або локалізувати основним засобом пожежогасіння при її виникненні, найважливішу роль якого відіграє вогнегасник.

Вогнегасник — технічний пристрій, призначений для гасіння пожежі шляхом подачі під надлишковим тиском вогнегасної речовини, що міститься в його корпусі, придатний за масою і конструкцією для транспортування та використання людиною.

За способом транспортування вогнегасники поділяють на: портативні (загальна вага не перевищує 20 кг), мобільні (загальна вага понад 20 кг, але не перевищує 450 кг) та пересувні (вогнегасник, встановлений на колесах або на візку і придатний для переміщення та використання людиною).

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Залежно від виду вогнегасної речовини вогнегасники бувають водні, водно-пінні, порошкові, газові та комбіновані.

Розрахуємо необхідну кількість вогнегасників для адміністративного приміщення цукрового заводу. У якості вихідних даних приймемо наступні значення:

- площа приміщення = 380 м²;
- категорія приміщення – В (за ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибуховопожежною та пожежною небезпекою»);
- клас можливої пожежі – А (горючі матеріали – папір, полімерна плівка).

Відповідно до рисунку 4.2 адміністративне приміщення цукрового заводу необхідно обладнати двома пінними вогнегасниками, об'ємом 10 л чи двома порошковими об'ємом 5 л. Відстань між двома вогнегасниками не має перевищувати 20 м [26, 27].

Категорія приміщення	Гранична площа захисту, м ²	Клас пожежі	Пінні та водні вогнегасники, місткістю 10л	Порошкові вогнегасники, місткістю, л			Хладонової вогнегасники місткістю, 2(3)л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
				2	5	10		2(3)	5(8)
А,Б (ГР і газ)	200	А	2++	-	2+	1++	-	-	-
		В	4+	-	2+	1++	4+	-	-
		С	-	-	2+	1++	4+	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
		Е	-	-	2+	1++	-	-	2++
В	400	А	2++	4+	2++	1+	-	-	2+
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
		Е	-	-	2++	1+	2+	4+	2++
Г	800	В	2+	-	2++	1+	-	-	-
		С	-	4+	2++	1+	-	-	-
Г,Д	1800	А	2++	4+	2++	1+	-	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
		Е	-	2+	2++	1+	2+	4+	2++
Сус-пільні	800	А	4++	8+	4++	2+	-	-	4+
		Е	-	-	4++	2+	4+	4+	2++

Рисунок 4.2 - Рекомендації щодо оснащення приміщень переносними вогнегасниками

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

49

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях при застосуванні технології утилізації рослинних відходів

Існує кілька небезпек, пов'язаних із утилізацією рослинних відходів методів анаеробного зброджування. Ці небезпеки можуть призвести до травм, а в деяких випадках і до смерті, а саме: утоплення, опіки, вплив шуму, вибухонебезпечність.

Ємності для рідини та контейнери для зберігання становлять небезпеку утоплення. Ризик утоплення є найбільшим, коли персонал обслуговує обладнання, розташоване в резервуарах або зонах зберігання. Для попередження виникнення таких ситуацій необхідно розміщувати попереджувальні знаки та зводити огорожі навколо споруд для зберігання гною.

Падіння з висоти може призвести до серйозних травм.

Трубопроводи, що містять гарячі рідини або вихлопні гази, можуть становити потенційну небезпеку опіку в установі АР. Іншими потенційними джерелами опіків є теплообмінники, котли, насоси або двигуни-генератори, температура яких може перевищувати 600 °С.

Коли це можливо, гарячі поверхні повинні бути позначені як потенційно небезпечні, а всі трубопроводи повинні бути чітко позначені, з вказанням вмісту, напрямку потоку, температури та тиску.

Вплив високого рівня шуму може спричинити дискомфорт або короточасну втрату слуху. У крайніх випадках або під впливом шуму протягом тривалого періоду часу може виникнути повна втрата слуху. Основним джерелом підвищеного шуму є двигун-генератор (універсальна група).

Біогаз, що утворюється під час анаеробного зброджування, є легкозаймистим.

Вимоги вибухозахисту і пожежної безпеки до проектування та експлуатації промислових підприємств встановлюються будівельними нормами і правилами. Пожежна небезпека в виробничих будівлях залежить від характеру технологічного процесу та конструктивно-планувальних рішень будівлі [26].

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

ВИСНОВОК

У роботі було розглянуто сучасні технологічні рішення щодо утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях та проведено порівняльний аналіз з урахуванням показників екологічної безпеки. 4

Визначено, що утворення великої кількості рослинних відходів потребує пошуку оптимальних шляхів їх утилізації, оскільки рослинні відходи використовуються як вторинна сировина та беруть участь у виробництві електроенергії та тепла. Особливого значення набуває пошук і розробка технічних рішень, спрямованих на переробку, нейтралізацію та екологічно безпечне видалення.

Рішення вищевказаних проблем мають великий потенціал для забезпечення енергетичної та ресурсної незалежності країн. Аналіз української статистики поводження з відходами дозволив визначити, що в останні роки найпоширенішими методами переробки та утилізації рослинних відходів залишаються: спалювання та компостування. Однак існує багато типів технологій компостування, але вони в основному базуються на аеробній біотермічній обробці рослинних відходів. Використання компосту в промисловому виробництві економічно не виправдано через високу вартість обладнання.

В Україні активно розвивається мережа енергетичних комплексів, які використовують як сировину біопаливо (дерева, пелети, відходи харчової промисловості тощо). Стратегічним напрямком поводження з відходами на підприємствах по виробництву цукру є використання їх для виробництва енергії. Крім того, пріоритет надається впровадженню когенераційних виробничих процесів виключно з використанням рослинних відходів як сировини та процесів анаеробного розкладання відходів у суб'єктах господарювання аграрного сектору.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510170

Арк

51

ПЕРЕЛІК ДЖРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Сталінська І.В. Особливості екологічної безпеки у системі «тверді побутові відходи – навколишнє середовище – здоров'я людини» // Науковий вісник НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26(7)
2. Бойко А. А. Кваліфікаційн аробота бакалавра на тему: Технології утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях» / СумДУ, 2021 рік.
3. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Постанова КМУ від 8 листопада 2017 р. № 820-р. із змінами від 09.09.2020. Посилання: [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>].
4. Державна служба статистики України. Офіційний сайт. Посилання: [<https://www.ukrstat.gov.ua/>].
5. Сорока М. Л. Підвищення екологічної безпеки урбанізованих територій при поводженні з відходами рослинного походження. – Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Міністерство освіти і науки України, м. Дніпро, 2019.
6. Гаценко М. В. Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. Сільськогосподарська мікробіологія. – 2014. – Вип. 19
7. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біотермічна твердофазна ферментація гною. Праці ТДАТА; Вип. 8, т. 3. – 2008
8. Ключ С. В. Визначення та прогнозування енергетичного потенціалу деревини та її відходів / С. В. Ключ // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. Вип. 227.
9. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Біоенергетика. Посилання: [<https://saee.gov.ua/ae/bioenergy/>].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

ТС 21510170

10. Железная Т. А. Энергетические культуры как эффективный источник возобновляемой энергии / Т. А. Железная, А. В. Морозова // Промышленная теплотехника. – 2008. – Т. 30, № 3

11. Забарний Г. М. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України / Г. М. Забарний, А. В. Шурчков – К. : ІТТФ НАНУ, 2002. – 211

12. Калетник Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні / Г.М. Калетник. – К.: Аграрна наука, 2008. – 464 с

13. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія. /За ред. В.В. Клименка – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017

14. Інтерактивна мапа. UA MAP. Проекти відновлюваної енергетики та енергоефективності. Офіційний сайт. Посилання: [https://uamap.org.ua/project/map?ProjectSearch%5Bfilters%5D=7%3A%3B8%3A3&ProjectSearch%5Bregion_id%5D=&ProjectSearch%5Belectric_power_min%5D=&ProjectSearch%5Belectric_power_max%5D=&ProjectSearch%5Binvestment_min%5D=&ProjectSearch%5Binvestment_max%5D=].

15. Пухнюк О. Ю. Утворення біогазу на полігонах твердих побутових відходів України та оцінка потенціалу його енергетичного використання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. спец. 05.14.08 / О. Ю. Пухнюк. – Київ, 2013

16. Батенин В. М. Термические методы переработки древесины и торфа в энергетических целях / В. М. Батенин, А. В. Бессмертных, В. М. Зайченко // Теплоэнергетика. – 2010, – №11

17. Петрушанко А. С. Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря при спалюванні біомаси в твердопаливних котлах / А. С. Петрушанко, І. О. Рой, Є. В. Батальцев // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма ІV Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної

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

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

ТС 21510170

конференції, м. Суми, 19-22 квітня 2016 р.: у 2-х ч. / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. – Суми : СумДУ, 2016. – Ч.2

18. Ключ С. В. Енергоефективне перетворення біомаси в горючий газ і біовугілля в газогенераторах щільного шару палива: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. спец. 05.14.08 / С. В. Ключ. – Київ, 2016

19. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія. /За ред. В.В. Клименка – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017

20. Григорук І. І. Оцінювання енергетичного потенціалу рослинних відходів сільськогосподарського походження. Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України: зб. наук. пр. 2019. Вип. 6 (140). С. 57-62

21. Продукти переробки цукрових буряків як сировина для виробництва хімічних речовин та біорозкладних полімерів. Електронний ресурс. Посилання: [http://ukrsugar.com/uk/post/produkti-pererobki-cukrovih-burakiv-ak-sirovina-dla-virobnictva-himicnih-recovin-ta-biorozkladnih-polimeriv-castina-1].

22. Розробка технологій утилізації відходів цукропереробного заводу. Посилання: [https://ontu.edu.ua/download/konfi/2020/all-ukrainian_student_scientific_works_tep/Production_wastes.pdf].

23. Серьогін О. О. Відходи цукрового заводу, як джерело енергії / О. О. Серьогін, О. В. Василенко, І. В. Федів // Цукор України. - 2012. - № 3

24. Атаманчук П. С. Охорона праці в галузі: навч. посіб. / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, Р. М. Білий. – К. : ЦУЛ, 2017

25. Авраменко Н. Л. Охорона праці : навч. посіб. / Н. Л. Авраменко, І. С. Сагайдак. – Ірпінь : Університет ДФС України, 2018

26. Методичні вказівки до практичного заняття з дисципліни «Охорона праці в галузі та цивільний захист» на тему: «Первинні засоби пожежогасіння» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальностей: 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування», 274 «Автомобільний

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

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

ТС 21510170

транспорт» очної та заочної форм навчання /Укладач В.Д. Вернигора. Кам'янське: ДДТУ, 2020

27. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Основи охорони праці" студентами всіх напрямів підготовки НУВГП денної форми навчання (Лабораторні роботи № 4 - 7) / Кухнюк О.М., Поліщук-Герасимчук Т.О., Довбенко В.С., Богданенко О.В. - Рівне: НУВГП, 2013

Інв.№методл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата					Арк
									55
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510170				