

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

Тема: Екологічна безпека технологічних процесів інтенсифікації анаеробного зброджування відходів

Завідувач кафедри

Пляцук Л.Д.

_____ (підпис)

Керівник роботи

Черниш Є.Ю.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Консультант

з охорони праці

Васькін Р.А.

_____ (підпис)

Виконавець

студент групи ТС-81/1

Білоус О.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної екології
Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____
“ ____ ” _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Білоусу Олексію Олександровичу

Група ТС-81/1

1. Тема випускної роботи: Екологічна безпека технологічних процесів інтенсифікації анаеробного зброджування відходів
2. Вихідні дані: аналітичні звіти Біоенергетичної асоціації України (UABIO), статистичні дані Державної служби статистики України, патентні бази даних та наукометричної бази даних Scopus.
3. Перелік обов'язково графічного матеріалу:
 1. Утилізація органічних відходів
 2. Методи інтенсифікації анаеробного процесу
 3. Схема біогазової установки
4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2, 3	4, 5	6, 7	8	9
1	Написання вступу, розділу 1	+	+				
2	Оброблення результатів дослідження, написання розділів 2, 3		+	+	+		
3	Написання розділу 4					+	
4	Оформлення роботи						+

5. Дата видачі завдання 1 березня 2022 р.

Керівник _____
(підпис)

доцент Черниш Є.Ю.
(посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку джерел посилання, яке містить 40 посилань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 53 сторінок, у тому числі 11 таблиць, 20 рисунків, список використаних джерел складає 5 сторінок.

Мета роботи – визначення напрямів інтенсифікації процесу анаеробного зброджування відходів та розроблення екологічно безпечного технологічного рішення з отриманням корисних біопродуктів.

Для досягнення зазначеної мети було постановлено та вирішено такі завдання:

- розглянути потенціал та джерела утворення органічних відходів;
- проаналізувати методи біологічної переробки відходів та стандарти їхньої екологічної безпеки;
- здійснити порівняльну характеристику методів інтенсифікації процесу анаеробного зброджування;
- визначити ефективності залучення фізико-хімічних методів інтенсифікації анаеробного збродження відходів;
- розробити схему біогазової технологічної системи та впровадити до неї один із методів інтенсифікації;
- провести розрахунок виходу біогазу для базової та вдосконаленої біогазової установки.

Об'єкт дослідження – процеси біологічної обробки органічних відходів.

Предмет дослідження – інтенсифікація методів обробки органічних відходів для зменшення техногенного навантаження на довкілля.

У кваліфікаційній роботі наведені переваги методів інтенсифікації, розроблена нова схема біогазової установки з використанням методу ультразвукової обробки. Проведені розрахунки та теоретично доведено перевагу використання даного методу.

Ключові слова: БІОГАЗ, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ, ОРГАНІЧНІ ВІДХОДИ

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1 Огляд технологічних процесів та технічних рішень біологічної переробки органічних відходів.....	7
1.1 Потенціал органічних відходів.....	7
1.2 Методи біологічної переробки органічних відходів.....	10
1.3 Екологічна безпека технологій біоутилізації органічних відходів....	14
Розділ 2 Ефективність технологічних процесів інтенсифікації анаеробного зброджування відходів.....	17
2.1 Порівняльна характеристика методів інтенсифікації процесу анаеробного зброджування.....	17
2.2 Обґрунтування ефективності залучення фізико-хімічних методів інтенсифікації анаеробного збродження відходів.....	19
2.3 Розробка біогазової технологічної системи.....	28
Розділ 3 Економічна частина.....	35
Розділ 4 Охорона праці.....	44
Висновки.....	47
Список використаних джерел.....	49

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

						ТС 18510207					
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	Екологічна безпека технологічних процесів інтенсифікації анаеробного зброджування відходів			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.	Білоус									4	53
Перев.	Черниш							СумДУ, ф-т ТеСЕТ			
Н.Конт	Васькін							гр. ТС – 81/1			
Затв.	Пляцук										

ВСТУП

В Україні швидкими темпами поширюється популярність створення та використання біоенергетичних технологій. Стимулом такого розвитку є потужне агропромислове виробництво. Воно включає до себе тваринницькі та рослинні комплекси. Великі підприємства залишають купу відходів органічного походження. Такі відходи є головною сировиною біоенергетичного виробництва [1].

Перероблення такої сировини має багато позитивних якостей. Головним є те, що збирання та переробка органічних відходів не дає змогу їм накопичуватися на звалищах і попереджає забруднення поверхневих та підземних вод, ґрунтів отруйними або бактеріологічними речовинами. Також відсутній процес розкладання такого продукту на відкритому повітрі, що не дозволяє утворитися у своєму кінцевому результаті парниковим газам.

Результатом використання енергетичного потенціалу органічних відходів, є заміна викопних палив, що також запобігає утворення парникових газів. Кількість оксиду вуглецю, яка утворюється внаслідок використання кінцевих продуктів біоенергетичних процесів (наприклад біогаз або біоводень) дорівнює тій самій кількості, яка б могла утворитися в процесі життєдіяльності рослини. Завдяки цьому, можливо зробити висновок, що біоенергетичні технології відносяться до кліматично-нейтральних.

Мета роботи – визначення напрямів інтенсифікації процесу анаеробного зброджування відходів та розроблення екологічно безпечного технологічного рішення з отриманням корисних біопродуктів.

Для досягнення зазначеної мети було постановлено та вирішено такі **завдання:**

- розглянути потенціал та джерела утворення органічних відходів;
- проаналізувати методи біологічної переробки відходів та стандарти їхньої екологічної безпеки;

Підп. і дата	
Інв.Недубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.Неподл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

5

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ БІОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

1.1 Потенціал органічних відходів

Україна швидко розвиває сільськогосподарську галузь, у тому числі рослинництво, яке щорічно утворює велику кількість рослинних відходів. Вони поділяються на первинні - утворились внаслідок збирання врожаю, та вторинні - утворюються під час його обробки на підприємстві. До первинних відходів відносяться солома зернових культур, а також відходи виробництва кукурудзи та соняшника (стебла, палички тощо) [2]. До вторинних відходів належать шкаралупа гречаної крупи та соняшнику, рисовий та буряковий жом. Частина відходів використовується на потреби самого сільського господарства (органічні добрива, корми для худоби), інша частина використовується в інших галузях економіки, а решта біомаси простоює. Її потенціалом часто нехтують, тому просто спалюють на відкритому просторі або викидають на звалище.

Також швидко розростається кількість тваринницьких комплексів, які мають проблему утворення великої кількості гною та посліду внаслідок життєдіяльності тварин. Станом на 2020 рік, в Україні налічувалось приблизно 13 мільйонів голів худоби [3]. Даний вид відходів є дуже «вибагливим» до методів своєї обробки та утилізації. Його термічне знешкодження та зберігання на полігонах твердих побутових відходів має низку недоліків: швидке нагромадження полігонів, неповне знищення горючих відходів, токсичний та бактеріологічний склад та утворення канцерогенних сполук.

На даний час, розвиток біогазового виробництва швидко зростає: за 2020 рік в Україні ввели в експлуатації 68 біогазових установок. Більшість з них (а саме 28) працюють на отримання біогазу з сировини аграрних комплексів [4],

Підп. і дата
Інв.Недубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.Неподл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

7

1.2 Методи біологічної переробки органічних відходів

Для пошуку в наукометричній базі даних Скопус були взяті ключові слова: «biological treatment» та «organic waste». Отримано за запитом 13 639 публікацій за темою дослідження, динаміка за якими подана на графічно на рис. 1.1 за роками видання.

Documents by year

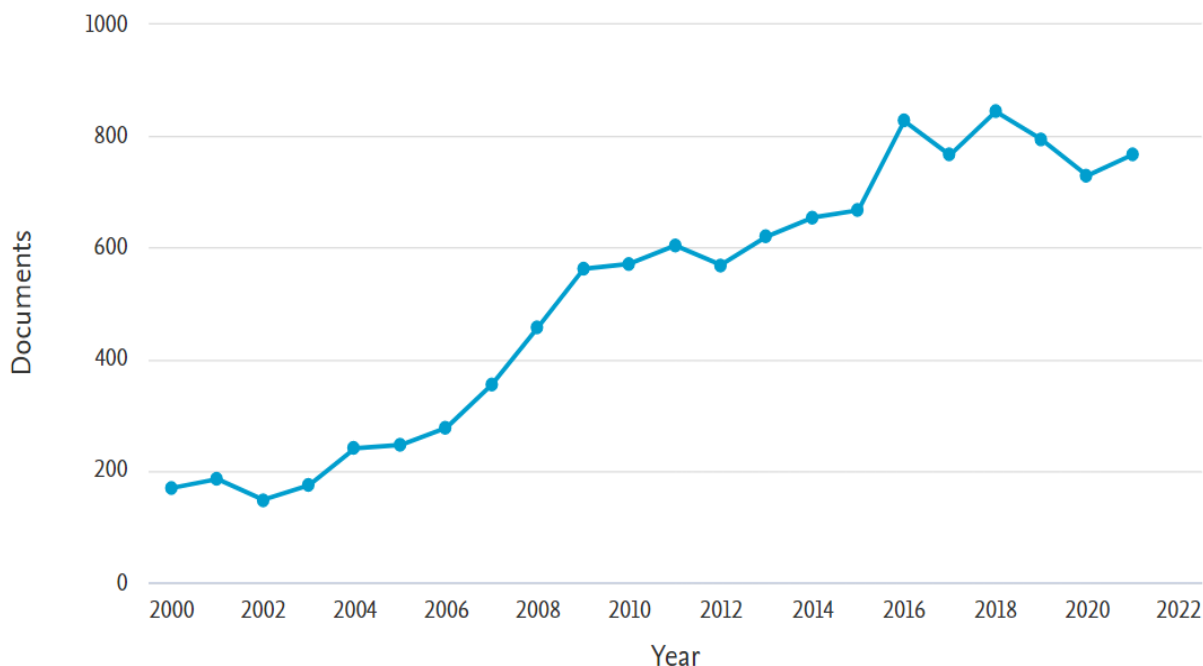


Рисунок 1.1 – Динаміка публікаційної активності за роками згідно статистичних даних БД Scopus

Існує два головних напрями утилізації органічних відходів, які зображені на рисунку 1.2.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

10

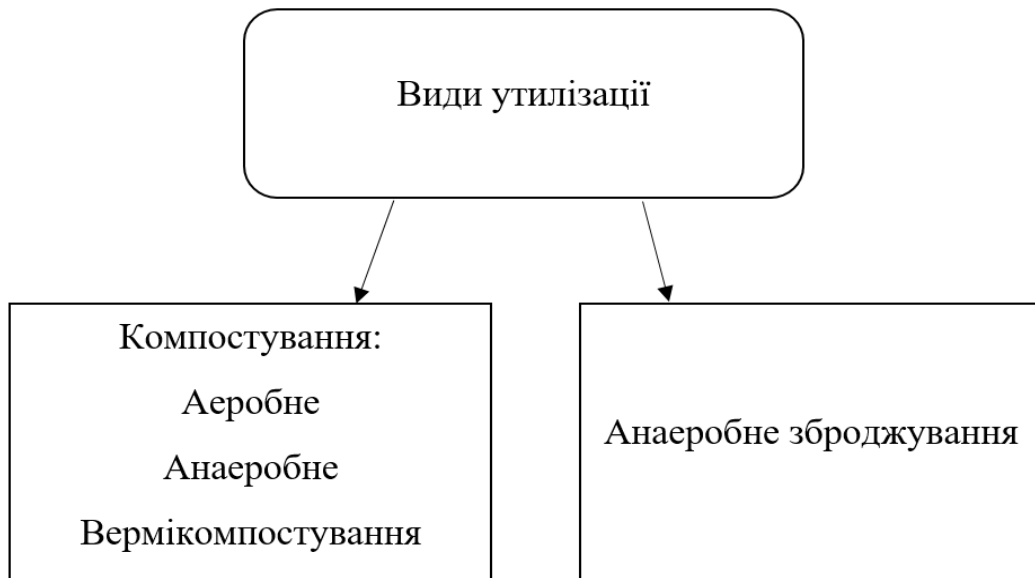


Рисунок 1.2 – Способи біоутилізації органічних відходів

Першим способом переробки органічної відходів є компостування [10]. Компостування – технологія перетворення органічних відходів у високоякісні добрива з великим вмістом живильних компонентів. Компост, який вноситься до ґрунту, повинен бути незараженим від яєць паразитичних організмів, містити в своєму складі спори корисних бактерій та грибків, які будуть здатні оновлювати мікрофлору ґрунту. Такий спосіб оживлення мікрофлори імітує природню здатність землі до оновлення, який без втручання людини проходив десятки років. Компост, з додаванням таких біологічних компонентів, здатен збільшити врожайну силу землі, яка внаслідок змін пір року виснажує власні запаси мікрофлори. Тому, додаючи компост саме такого складу, результатом стане оновлена живильна здатність мікрофлори землі, яка покращує біологічні процеси.

У процесі компостування можуть використовуватися усі види решток різних промисловостей: харчової, промислової та аграрної, а саме рослинного та тваринного походження, в тому числі великої рогатої худоби, свинячих комбінатів, комплексів птахівництва, а також можливо й компостування міських відходів: опале листя, суху траву, соломку, гілки кущів та дерев.

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

мезофільному режимі, анаеробне збродження відбувається значно повільніше та має значно менший вихід біогазу, але навіть при такому режимі роботи реактори є більш популярними, бо їх енергопит набагато менший, ніж у реакторів для термофільного режиму [14].

Процес анаеробного збродження проходить через чотири послідовні стадії (рис. 1.3) [15].

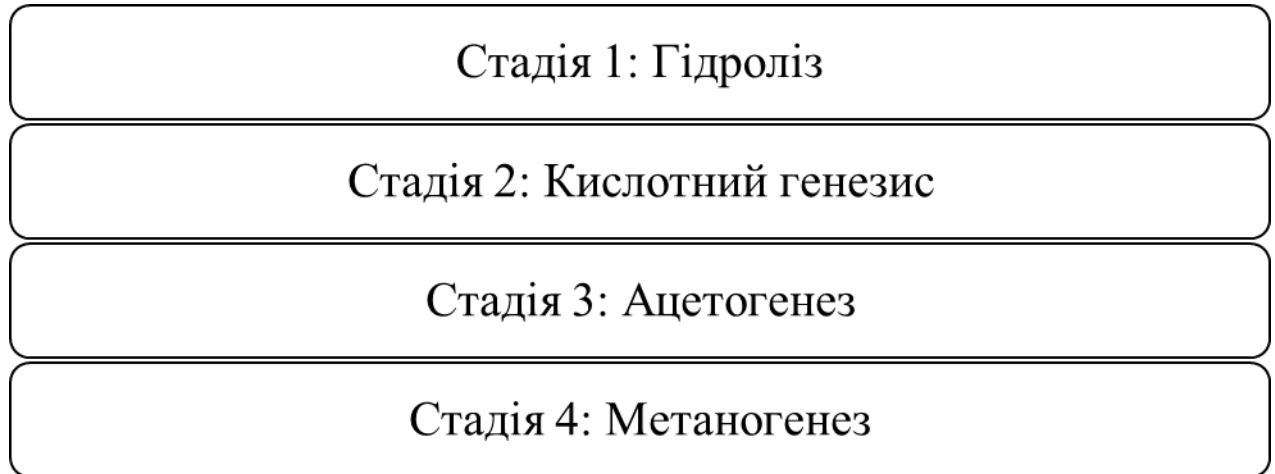


Рисунок 1.3 – Фази анаеробного зброджування

Гідроліз. Під час цієї фази, в результаті життєдіяльності гідролітичних бактерій, стійкі субстанції (протеїни, жири і вуглеводи) розкладаються на прості складові (амінокислоти, глюкозу, жирові кислоти), які надалі будуть використані ацидогенними бактеріями. В анаеробному зброджуванні, цей процес існує як біологічний, хоча за звичай є хімічним. Під час гідролізу, бактерії виділяють позаклітинні ферменти, які здатні розкласти цукор у моносахариди, ліпіди до жирних кислот, та білки до амінокислот [16, 17]. Після ферментативного розщеплення, кінцеві продукти здатні проникати через мембрани клітин ацидогенних бактерій [18]. Гідроліз має температуру від 30 до 50 °C і рН від 5 до 7 [19].

Кислотний генезис. Проникаючи у клітини ацидогенних бактерій, продукти гідролізу перетворюються до простих органічних сполук (жирних кислот), вуглекислий газ, сірководень та аміак [20].

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

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

ТС 18510207

Арк

13

Ацетогенез – процес, при якому жирні кислоти та інші залишки органічних речовин утворюють ацетат та водень. Водень, що утворився в результаті перетворення, створює надлишковий тиск, який негативно впливає на ацетогенних бактерій [20]. Але через наявність гідрогенотрофних метаногенів, надлишковий рівень водню зникає, сприятливі умови для ацетогенезу повертаються до норми [21].

Метаногенез – остання стадія анаеробного зброджування. В цьому процесі залишкові органічні сполуки, які утворились під час кислотного генезису та ацетогенезису, під дією метаногенних бактерій перетворюються на метан. Ця стадія проходить значно довше, ніж попередні три [22].

1.3 Екологічна безпека технологій біоутилізації органічних відходів

Згідно зі статтею 50 закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», можливо сказати наступне: екологічна безпека – це стан оточуючого природного середовища, що забезпечує попередження зниження якості екологічної обстановки та виникнення небезпечних чинників для здоров'я людей [23].

До *об'єктів екологічної безпеки* належить усе, що є вкрай життєвоважливим для суб'єкту безпеки. До цього відносяться духовні та матеріальні потреби, природні ресурсі та довкілля в цілому, як матеріальна основа розвитку держави та суспільства.

До *суб'єктів* належать суспільство, держава.

Під поняттям екологічної безпеки розуміється наступні правила:

- захист здоров'я людини від несприятливих чинників природного і техногенного середовищ;
- збереження стану природного середовища і його відновлення за утворення несприятливих умов;
- розвиток нових технологій з максимальною економічною ефективністю і мінімізацією впливу на оточуюче середовище [24].

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

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

ТС 18510207

Арк

14

- недопущення потрапляння побічної мікрофлори до технології утилізації, що буде гарантувати ефективність процесу та якість кінцевого продукту;

- запобігання витоку біологічного агенту у атмосферне повітря з викидами та потоками вітру.

Процеси утилізації поділяють на три види:

- асептичні, або такі, які повністю виключають можливість потрапляння бічних мікроорганізмів до технології утилізації або навпаки – витоку біологічного агенту за межі території процесу;

- умовно-асептичні, або такі, які допускають можливість потрапляння сторонніх мікроорганізмів до процесу утилізації або за його межі у контрольованих кількостях;

- неасептичні, де повністю відсутній регламент біологічної безпеки проведення процесу.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510207				Арк
									16
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					

2. Термічна обробка сировини. Даний метод також має на меті зменшити частинки органічних речовин, але при наданні впливу високих температур.

3. Перемішування субстрату. Даний спосіб буде впливати вже на попередньо оброблену сировину. Його сутність полягає у рівномірному розподілі твердих частинок у рідині [27].

4. Термічна обробка субстрату. Цей метод буде каталізувати процеси стадій проходження метаногенезу, підтримуючи мезо- та термофільні режими роботи [28].

Іншою гілкою методів інтенсифікації є біологічна. Тут важливу роль відіграють органічні компоненти:

1. Аеробна обробка. У цьому методі використовуються аеробні бактерії для попередньої обробки субстрату та прискорення проходження перших стадій метаногенезу та створення додаткових благодійних умов для анаеробного процесу [29].

2. Збільшення концентрації біомаси бактерій. Це буде прискорювати проходження стадій метаногенезу за рахунок більшої кількості працюючих мікроорганізмів.

3. Використання адаптованої біомаси. Це значно допоможе швидко перетворити конкретний вид органічних відходів, завдяки можливостям певної культури бактерій.

До хімічної групи інтенсифікації відносяться методи, у яких задіяні хімічні реагенти та реакції:

1. Додавання стимуляторів. Додавання таких сполук допоможе бактеріям прискорити проходження стадії метаногенезу [30].

2. Контроль рН сировини. Це буде благодійно впливати на роботу бактерій, адже це один із головних факторів їх комфортного існування.

3. Видалення або пригнічення речовин, що інгібує діяльність біомаси. Без інгібіторних факторів, процес метаногенезу буде проходити швидко та безперервно.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

18

4. Хімічно обробка сировини. Попередньо оброблений субстрат кислотами, лугами та окисниками, буде мати зруйновані органічні клітини, що у свою чергу прискорило б їх руйнування та швидкий доступ до їх вмісту, та вже необхідний кисло-лужне середовище для їх режиму роботи.

5. Коферментація. Додавання інших субстратів до нашого головного буде стимулювати роботу бактерій у вигляді додаткового джерела живлення [39].

Усі ці методи мають безсумнівно будуть допомагати у процесі метаногенезу, полегшуючи роботи наших мікроорганізмів та покращуючи вихід кінцевого очікуваного продукту – біогазу.

2.2 Обґрунтування ефективності залучення методів інтенсифікації анаеробного збродження відходів

Узагальнююча блок-схема (рис. 2.1), на якій наведені результати усіх методів інтенсифікації допоможе нам краще зрозуміти, який саме метод на яку стадію метаногенезу буде впливати:

<i>Фізична група методів</i>	
Механічна обробка сировини	Руйнування стінок клітин Прискорення гідролізу
Термічна обробка сировини	Руйнування стінок клітин Зміна органічного та бактеріального складу сировини
Механічна обробка субстрату	Руйнування стінок клітин Прискорення гідролізу
Термічна обробка субстрату	Прискорення усіх стадій метаногенезу
<i>Біологічна група методів</i>	
Анаеробно обробка сирована	Підігрівання субстрату Прискорення гідролізу Створення необхідного рівня рН Зменшення розміру твердих частинок
Збільшення концентрації біомаси	Прискорення усіх стадій метаногенезу
Використання адаптованої бактеріологічної групи	Прискорення усіх стадій метаногенезу Зменшення витрат на підготовку субстрату
<i>Хімічна група методів</i>	
Додавання окисників	Прискорення стадій метаногенезу Покращення кількісного складу біогазу Стимулювання роботи бактерій
Контроль рН субстрату	Стимулювання роботи бактерій
Виключення інгібіторів	Прискорення роботи бактерій
Хімічна обробка сировини	Руйнування стінок клітин Прискорення гідролізу
Коферментація	Стимулювання роботи бактерій Покращення якісного та кількісного складу біогазу

Рисунок 2.1 – Схема методів інтенсифікації

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

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

ТС 18510207

Арк

19

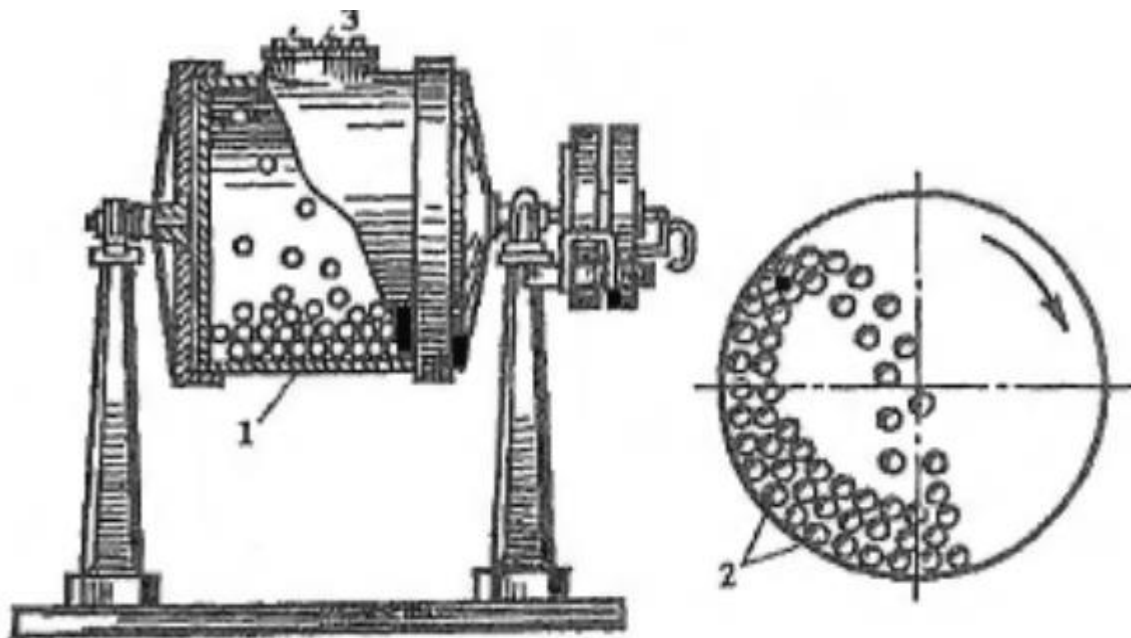


Рисунок 2.2 – Кульковий млин

1 – корпус млина; 2 – вантажні кулі; 3 – завантажувальний люк



Рисунок 2.3 – Ультразвукова установка TUS-300ST

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

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

ТС 18510207

Арк

21

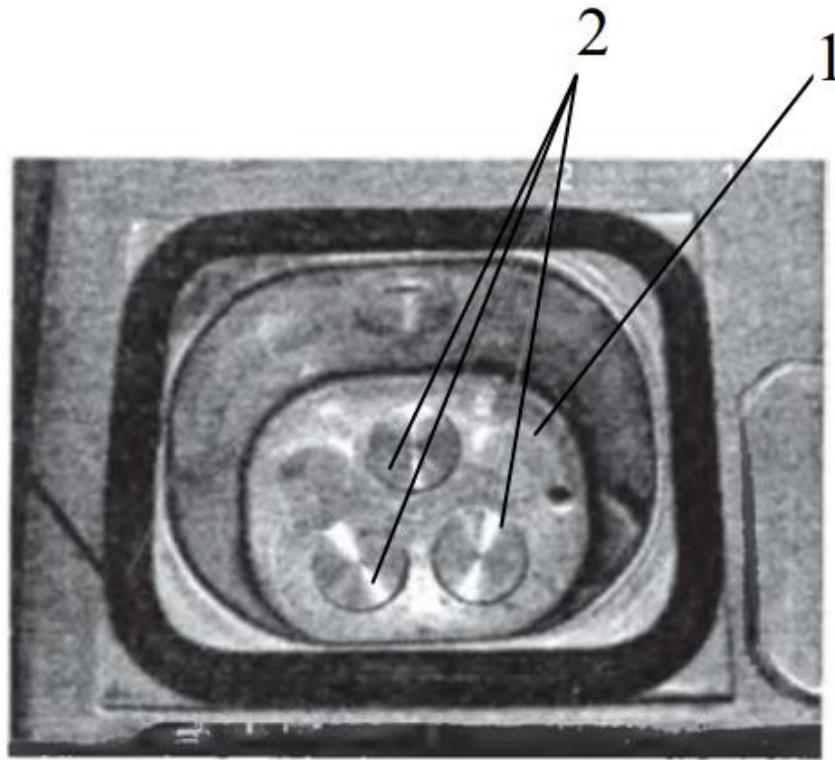


Рисунок 2.4 – Основа ультразвукової установки

1 – корпус ультразвукової установки; 2 – ультразвукові перетворювачі

При термічній обробці сировини, ми маємо намір також зруйнувати клітинну стінку, але вже методом високих температур: підданню субстрату до нагріву від 100 до 200 градусів Цельсія. При проходженні субстрату цього процесу, будуть руйнуватися не лише клітинні стінки, але й їх вміст, який надалі пройде ряд термічних реакцій розкладання, та вже буде мати інший склад. Також, при таких високих температурах, вміст води у клітинах та поза її меж буде повністю відсутній, адже вода буде випаровуватись. Такий метод майже не застосовується, оскільки субстрат не буде мати бажаного складу, який необхідний для проходження процесу метаногенезу.

Перемішування субстрату буде сприяти неможливості утворенню поверхневої плівки, рівномірній температурі субстрату та розподілу твердих частин. Перемішувати можливо за попереднє встановлення механічної мішалки (рис. 2.5 - 2.8) до апарату для безперервного та перервного проходження процесу. Також є можливість застосування гідравлічної системи перемішування: використання потоків рідини, у реакторах

Підп. і дата					TC 18510207	Арк
Взаєм.інв.№						
Інв.№дубл.						
Підп. і дата						
Інв.№подл.						
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

циліндричної форми, але такий спосіб можливий лише за умови безперервного виробництва [32, 33].

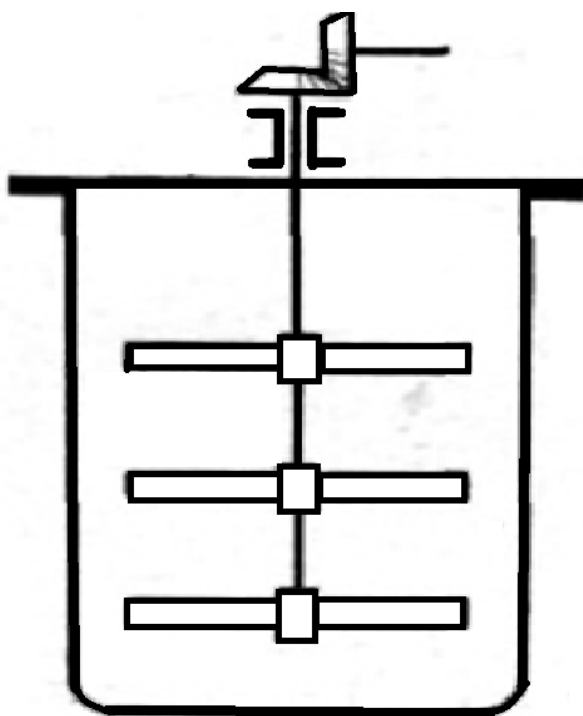


Рисунок 2.5 – Схема механічної трирядкової мішалки

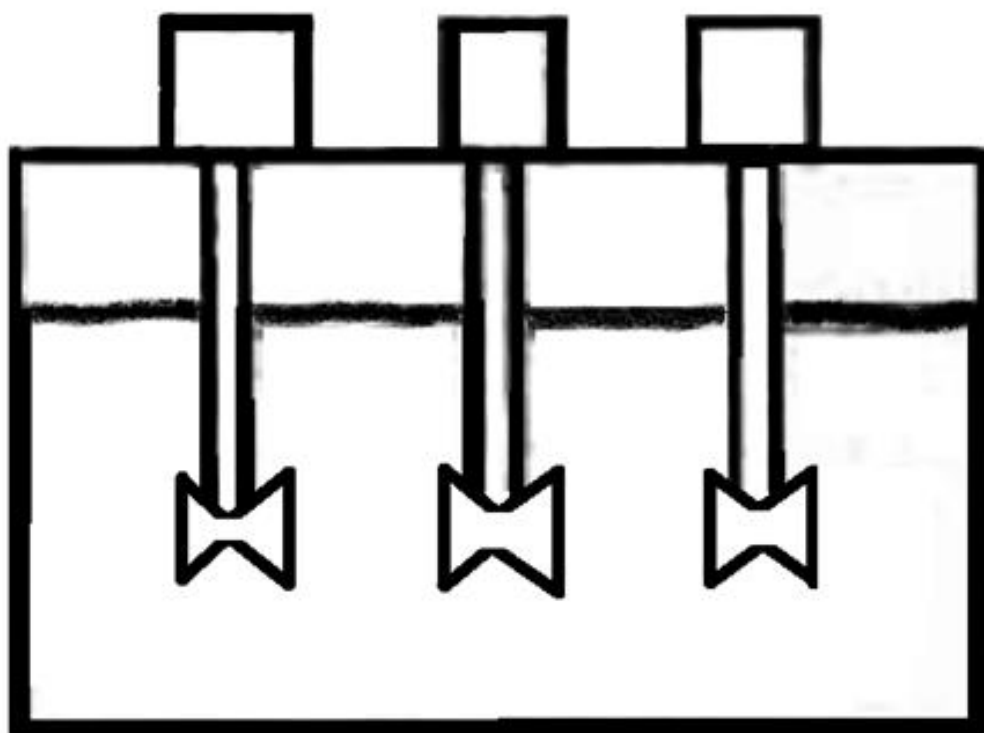


Рисунок 2.6 – Схема механічної мішалки з електродвигунами

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

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

ТС 18510207

Арк

23

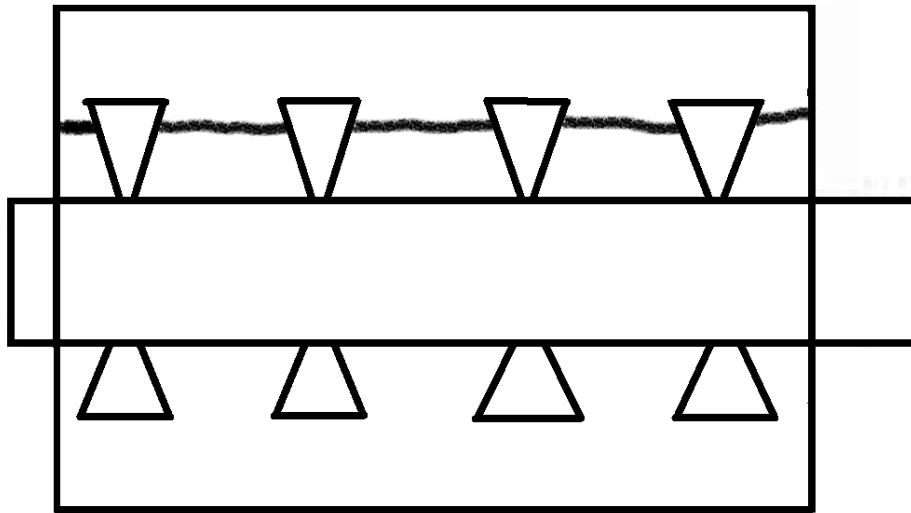


Рисунок 2.7 – Схема мішалки з механічними лопастями

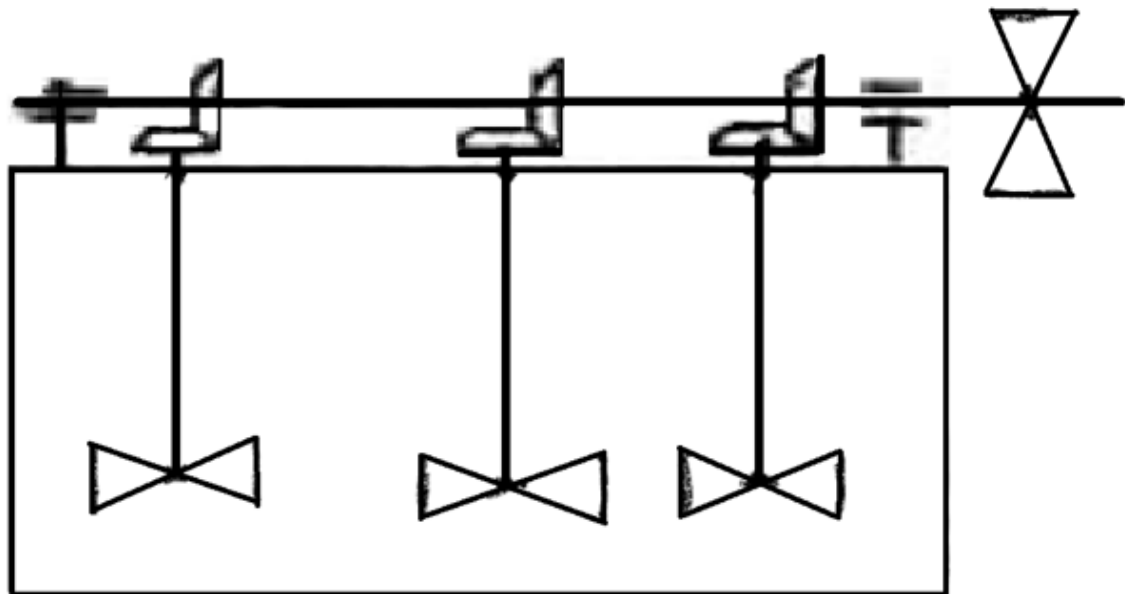


Рисунок 2.8 – Схема мішалки з одним електродвигуном

Термічна обробка субстрату застосовується на всіх стадіях метаногенезу. У бактерій існує психрофільний, мезофільний та термофільний режими. Вони відрізняються робочою температурою: для перший температура є нормальною від 10 до 25 градусів тепла, для других – від 25 до 40, та останніх від 40 до 55. Звісно, швидкість проходження процесу залежить від робочої групи: термофіли проведуть процес у рази швидше, ніж психрофіли. Але у кожної групи є свої переваги: якщо останні працюють

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

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

ТС 18510207

Арк

24

дуже швидко, то для забезпечення умов праці перших, не має потреби застосовувати додаткову термічну обробку, адже режим їх роботи підтримується кімнатною температурою. Але на великих підприємствах майже не використовують ані першу, ані третю групу. Для цього вони нагрівають субстрат для роботи «золотої середини». Підігрівати субстрат можливо двома способами: прямим та непрямим. Для прямого підігріву субстрату задіють нагріту воду (приблизно 37-40 градусів), або використовують «тепличний ефект» для обігріву метантенку: його куполоподібну поверхню накривають поліетиленовою плівкою [30, 32]. Але прямий підігрів економічно вигідний, але має декілька недоліків: неможливо контролювати такий купол, адже він буде вдень постійно нагрівати температуру, що може значно перебільшити необхідну, а вночі то хмарну погоду нагрів буде частково або повністю відсутній. Також постійне подання гарячої води буде щоразу змінювати концентрації речовин та вологість у субстраті. Для уникнення таких проблем, застосовують метод непрямого підігріву: використовуються теплообмінні компоненти ззовні чи з середини реактора [31, 32]. У якості таких компонентів є звичайні труби, по яких подається гаряча вода. Такі теплообмінники рекомендується влаштовувати у дії зони перемішування.

Тепер розглянемо ефективність біологічних методів інтенсифікації. Головними доповнюючими елементами цього є мікроорганізми [33-35]. Першим способом біологічних методів розглянемо ефективність аеробної обробки.

При використанні такого методу обробки сировини, анаеробний процес починається з аеробного. Переваг у цьому дуже багато: аеробні процеси проходять з виділенням тепла, а отже наш субстрат нагрівається самостійно. Другою гарною річчю є те, що перша стадія – гідроліз, проходить значно швидше (константа гідролізу при аеробній обробці $r_v = 0,12$ доба⁻¹, а при анаеробних $r_v = 0,06$ доба⁻¹) [34], при цьому швидкість гідролізу зростає прямопропорційно підвищенню температури. Також збільшує показник рН

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Непопл.

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

ТС 18510207

Арк

25

субстрату на 10-15% [35, 35]. Та змінює гранулометричний склад твердих часток сировини до тонкодисперсних [37].

При додаванні додаткової робочої групи бактерії до субстрату, швидкість проходження етапів буде збільшена. Це також дає можливість збільшити подання стартової кількості сировини.

Утворення адаптованої групи бактерій значно спростить проходження усіх етапів метаногенезу, адже така група буде досконаліша за своїх попередників. Можливості таких мікроорганізмів будуть значно розширені: прискорена швидкість поглинання та перероблення органічних сполук, розширений перелік сировини, спрощений температурний та кислотний режими роботи, виключення інгібіторних сполук. Але створення таких груп бактерій поки що залишається у мріях, бо можливості генної інженерії обмежені, а вимоги до такої «ідеальної» групи – ні.

Останнім класом інтенсифікаційних способів є група хімічних методів. У своїх методах використовуються різні хімічні сполуки для зміни або підтримки складу субстрату та його мікробіологічних компонентів.

Додаючи окисники до сировини, ми прискорюємо етап руйнування стінок кліток та починаємо процес розкладу складних органічних сполук до більш простих, пришвидшуючі перші три стадії метаногенезу. Також до складу окисників відносяться органічні сполуки, що будуть змінювати співвідношення Карбону і Нітрогену (приблизно 20:1), що зменшить надалі вихід азотовмісних сполук, збільшить вихід метану, покращить якість біогазу. Використовуються також різні живильні компоненти, які будуть стимулювати групу бактерій розмножуватися [31].

Підтримуючи кислотно-лужний баланс субстрату, ми зможемо контролювати роботу бактерій на максимально-ефективному рівні, що в свою чергу прискорить виробництво біогазу.

Усунення інгібуючих речовин з субстрату допоможе анаеробним бактеріям робити свою роботу безперервно.

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неподр.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

26

Попередньо ми розглядали механічний та біологічний способи обробки сировини, для її покращеного способу переробка. На разі ми розглянемо хімічний спосіб. До нашої вихідної сировини, для її обробки необхідно додати кислоти або луки, щоб розчинити клітинну стінку, що полегшить вихід її вмісту до субстрату та прискорить перебіг реакцій. Також цей метод допоможе становити необхідний рівень кислотно-лужного балансу.

Останнім методом є коферментація. Суть його полягає у додаванні інших субстратів до нашого головного органічного, для підживлення працюючої мікрофлори, а також підвищенням якісного складу біогазу, в залежності від виду сировини [38].

З усіх вище наведених методів обробки сировини та субстрату, неможливо обрати найкращий, але можливо обрати найперспективніші методи, для отримання максимального результату з доступного обладнання та матеріалів.

2.3 Розробка вдосконаленої біогазової технологічної схеми

Оновлена схема біогазового виробництва виглядає наступним чином:



Рисунок 2.9 – Схема когенераційної установки з використанням біогазу

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

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

ТС 18510207

Зазвичай, принцип загальної роботи біогазової установки влаштований наступним чином: відходи надходять до станції зважування, де проходить їх накопичення. Під час транспортування зібраної сировини, відбувається її підігрів. Далі вона потрапляє до ферментатора, де вона постійно перемішується – тут проходить процес анаеробного збродження. Біореактор також обладнаний системою обігріву. Отриманий газ накопичується у газгольдері, з якого потім потрапляє до очисних споруд та використовується у якості теплового та енергетичного джерел.

Для покращення процесу отримання біогазу, попередньо здійснюється зважування (рис. 2.10) та ультразвукової обробки сировини (рис. 2.11). Зваживши масу сировини, вона надходить у відповідних попередньо розрахованих пропорціях до камери ультразвукової обробки, де до неї додають необхідну кількість води, для створення робочої вологості субстрату. Такий спосіб обробки субстрату, збільшує вихід біогазу у 1,4-1,7 рази [40], пришвидшується процес метаногенезу. Після такої методу інтенсифікації, субстрат подається до ферментатора. Процес транспортування проходить за допомогою насосів. Для цього, попередньо, в них знадяться подрібнювачі. Вони передбачають захист насосу від застою від твердих об'єктів.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

28



Рисунок 2.10 – Станція зважування субстратів

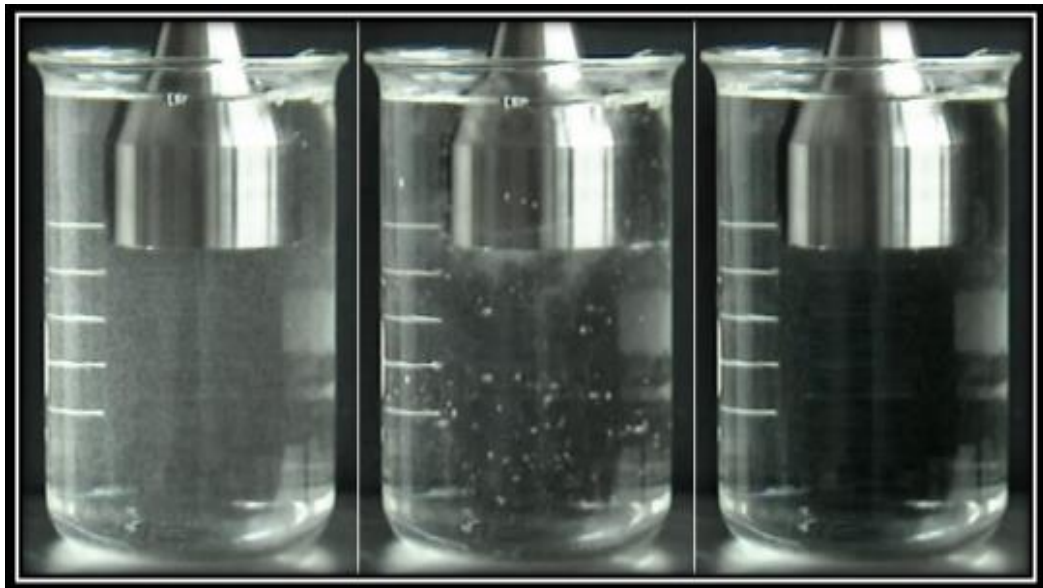


Рисунок 2.11 – Ультразвукова обробка

На лабораторній базі кафедри екології та природозахисних технологій в межах діяльності наукового гуртка «Експеримент в екології та технологіях захисту навколишнього середовища» здійснюються дослідження щодо

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

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

ТС 18510207

Арк

29

інтенсифікації анаеробного збродження за допомогою блоку ультразвукової обробки (рис. 2.12).

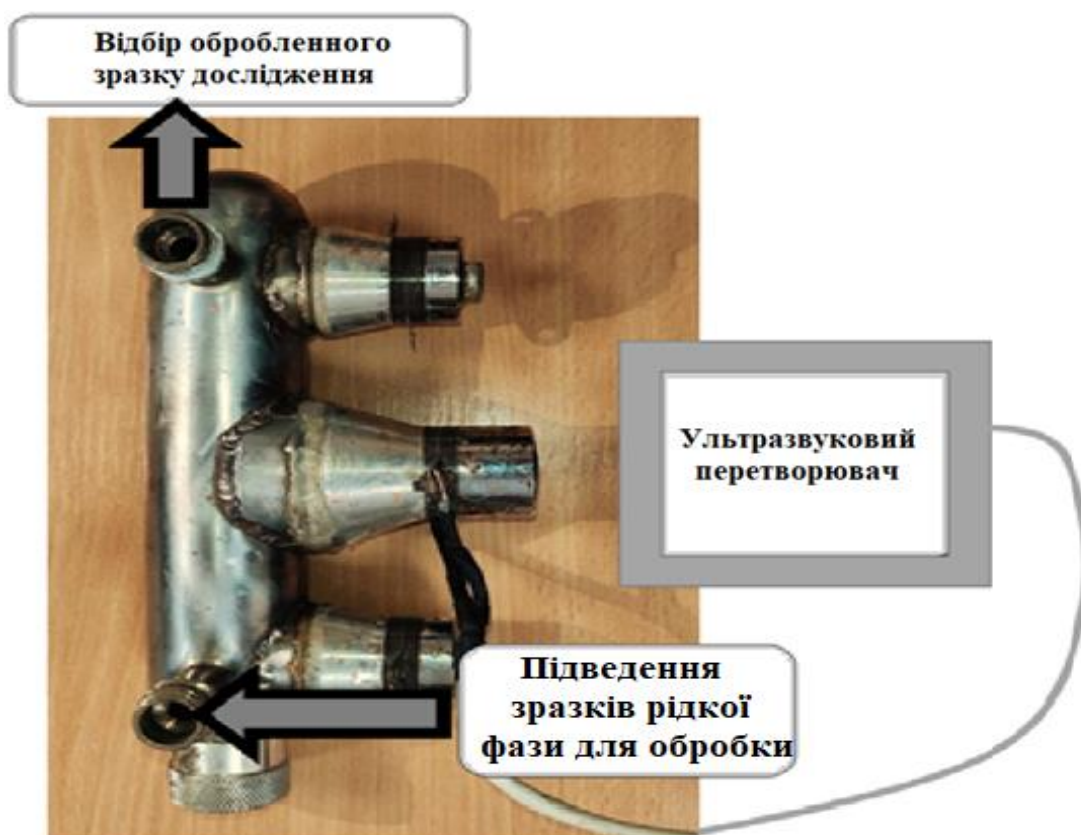


Рисунок 2.12 - Схема ультразвукового пристрою на лабораторній базі кафедри екології та природоохоронних технологій Сумського державного університету

Ультразвукова попередньо обробка відбувалась у проводилася в трубчастій секції із нержавіючої сталі. У секції знаходиться ультразвуковий пристрій, який складається з 3 перетворювачів, з потужність 200 Вт та частотою 30 кГц.

Установка ультразвукової обробки працює наступним чином: рідина, що обробляється, надходить в резервуар для обробки через спеціальні отвори, в які розчин заливається вручну і забезпечує рівномірний розподіл по всій площі поперечного перерізу камери. У процесі роботи відбувається формування ультразвукових коливань. Напрямок поширення ультразвукових коливань - перпендикулярно до поверхонь плавних переходів. Таким чином, у внутрішньому обсязі резервуару створюється ультразвукове поле з

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

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

ТС 18510207

інтенсивністю, необхідною та достатньою для утворення та підтримки режиму розвиненої кавітації у всьому обсязі простору між стінками установки та поверхнею випромінювача.

У ферментаторі (рис. 2.13) починається процес утворення біогазу. Цей відділ – важлива частину установки, він виготовлений з бетону. Ферментатор є ізольованим для рідин та газів з середини. Отриманий субстрат постійно знаходиться під впливом механічних мішалок, що забезпечує рівномірній розподіл температури та твердих частин по всьому об'єму субстрату, а також заважає утворенню поверхневої кірки. За необхідністю, для підтримки сталої температури, для ферментатора застосовують метод непрямого підігріву. У ферментаторі, субстрат знаходиться в анаеробних умовах на протязі 25-36 діб (в залежності від складу сировини). За цей час проходить 3 стадії метаногенезу. Після проходження цього терміну, біомаса передається до доброджувача.

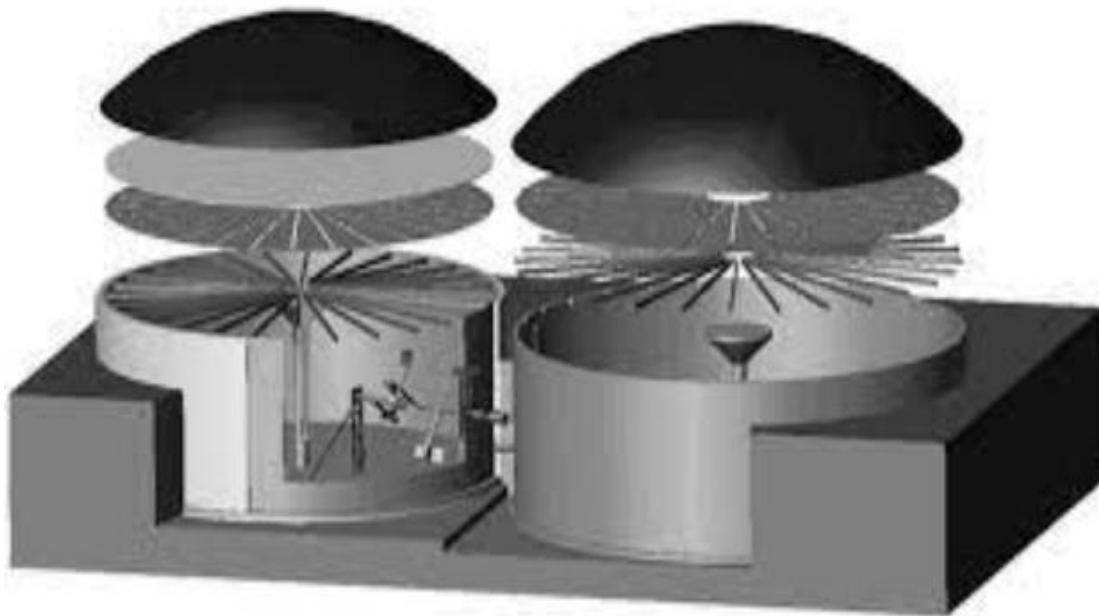


Рисунок 2.13 – Ферментатор

На кінцевій стадії починає утворюватися біогаз. Утворений газ надходить і міститься у газгольдері (рис. 2.14), який розташований у даху доброджувача. Ця ємність необхідна для повного виходу кінцевого продукту

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

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

ТС 18510207

Арк

31

з біомаси шляхом витримки субстрату. Даний процес може займати від 7 до 11 тижнів. Газгольдер існує як газоізолюваний дах доброджувача і виконує акумулюючу функції – накопичує утворений біогаз. Такий апарат є двошаровою структурою. Ззовні поверхня куполу покрита плівкою, стійкою до погодних умов, ультрафіолетового випромінювання, вогнестійкою. Зсередини, поверхня газгольдера вкрита стійкого до біогазу покриттям та додатковим непроникним для метану спеціальним шаром. Така конструкція стійка до холодних зимніх вечорів (менше 30 градусів Цельсія), що дає змогу проводити виробництво біогазу протягом всього року.



Рисунок 2.14 – Газгольдер

Надалі, перебродженна суміш надходить до сепаратора (рис. 2.15) який розділяє її на тверду та рідку. Зсередини сепаратор має корозійностійкі деталі зі сталі. Біомаса надходить спочатку до зважувального відділу, наділі до самої камери сепарування. Камера представляє з себе циліндроване сито. За допомогою сили тиску проходить поділ на тверду та рідку фази. Рідка проходить через зливний парубок до резервуару. Тверда фаза проходить до розвантажувального пристрою і зберігається у контейнері.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

32



Рисунок 2.15 – Робота сепаратора

Виведення біогазу проходить по трубам, які містять автоматичні пристрої для утворення і відведення конденсату та запобіжники датчиками, які допомагають регулювати тиск. З газгольдеру проходить постійна передача газу до систему очистки біогазу, а вже потім до когенераційного модуля (рис. 2.16). У цій системі очистки, з суміші біогазу видаляють домішки сірководню. Очищений біогаз подається до когенераційної установки, де використовується за призначенням – спалюється для отримання тепло- та електроенергії. Або передається по трубопроводу далі, на подальше зберігання. Також, за правилами безпеки, знаходиться факел для спалювання надлишкового газу або його аварійного скидання.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

33



Рисунок 2.16 – Когенераційна установка

Такий принцип роботи установки завбачає уникнення та мінімізацію людського праці. Вона необхідна лише на контролювання процесів, що відбуваються та на обслуговування обладнання.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

34

Далі розраховуємо теплотворну здатність метану, що отримали. Теплотворна здатність метану дорівнює теплотворній здатності природнього газу і це складає 46,3 МДж за кг. Отже, це буде дорівнювати 5463,4 МДж за годину, або 1517 кВт.

Розрахунок тепло- та електроенергії. Для цього розглянемо мікротурбіні установки Capstone.

Таблиця 3.1 – Характеристики мікротурбіної установки

Електрична потужність, кВт	50	200	600	800
Вхід метану, кВт	192	610	1750	2285
Загальний ККД електроенергії, %	80-90	70-90	70-90	70-90
Вихід теплової енергії, МДж/год	540	1420	4260	5680

Розглянемо перший варіант обрання потужної турбіни на 600 кВт.

Таблиця 3.2 – Мікротурбіна установка на 600 кВт

Вхід метану, кВт	1517
Вихід електроенергії, кВт	531
Вихід теплоенергії, МДж/год	3770
Вихід теплоенергії, кВт	1047

Отже, з отриманих результатів, ми бачимо, що з нашої біогазової установки, яка працює на переробку пташиного посліду, з мінімальним виходом біогазу 164 м³ за годину та мінімальним вмістом метану в ньому (118 кг за годину) ми отримаємо 531 кВт електроенергії та 1047 теплоенергії.

За середніми даними, в країнах Європи, один кубічний метр біогазу коштує від 0,7 євро. Якщо ми не будемо використовувати отриманий біогаз, а одразу відправляти його на продаж, розрахуємо, за який час ми зможемо повернути гроші на наші витрати щодо будівництва нашої біогазової установки (вартістю 10 млн євро):

Підп. і дата					ТС 18510207	Арк
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.					
Підп. і дата						
Інв.№подл.						
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		36

1) оцінемо у грошовому коштовність нашого біогазу:

$$164 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} * 0,7 \frac{\text{євро}}{\text{м}^3} = 114,8 \frac{\text{євро}}{\text{год}}$$

2) розрахуємо кількість годин, необхідну для виплат 10 млн євро:

$$\frac{10\,000\,000 \text{ євро}}{114,8 \frac{\text{євро}}{\text{год}}} = 87\,110 \text{ год}$$

3) розрахуємо кількість днів, необхідну для виплат:

$$\frac{87\,110 \text{ год}}{24 \frac{\text{год}}{\text{добу}}} = 3629 \text{ днів}$$

4) розраховуємо кількість років, необхідну для виплат:

$$\frac{3629 \text{ днів}}{365 \frac{\text{днів}}{\text{рік}}} = 10 \text{ років}$$

Отже, з наведених вище розрахунків, видно, що для повної окупності нашої біогазової установки, необхідно безперервно виробляти 164 м³ за годину та продавати її протягом 10 років.

Порівняння з іншими об'ємами перетворення пташиного посліду.

Уявимо, що ми маємо ферми, які утворюють відходи пташиного виробництва у об'ємі 20, 35 та 60 тон за добу відходів.

Підп. і дата					ТС 18510207	Арк
						37
Інв.Неподл.	Взаєм.інв.№	Інв.Недубл.				
Підп. і дата						
	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця утворення біогазу.

Показники	Виробництво			
	Перше	Друге	Третє	Четверте
Кількість відходів, тон за добу	20	35	45	60
Кількість відходів, кг за годину	833,3	1458,3	1875,0	2500,0
Вміст сухої органічної речовини, кг	208,3	364,6	468,8	625,0
Вихід біогазу, м ³ за годину	72,9	127,6	164,0	218,8
Маса біогазу, кг за годину	87,5	153,1	196,5	262,5
Вміст метану, кг за годину	52,5	91,9	118,0	157,5
Теплотворна здатність метану, МДж за кг	2430,8	4253,8	5463,4	7292,3
Теплотворна здатність метану, кВт	675	1181	1517	2025
Окупність установки, рік	22,4	12,7	10	7,5

З отриманих даних видно, який об'єм біогазу буде виділятися, в залежності від об'єму переробки пташиного посліду. Як і очікувалось, зі збільшенням об'єму переробки, збільшується об'єм виділення біогазу.

Порівняння з іншими об'єктами переробки органічних відходів.

Розглянемо відходи свинячого, кінного виробництва, виробництва крупного рогатого скоту.

Таблиця 3.4 – Порівняльна таблиця утворення біогазу з відходів свинячих комплексів

Показники	Виробництво			
	Перше	Друге	Третє	Четверте
Кількість відходів, тон за добу	20,0	35,0	45,0	60,0
Кількість відходів, кг за годину	833,3	1458,3	1875,0	2500,0
Вміст сухої органічної речовини, кг	291,7	510,4	656,3	875,0
Вихід біогазу, м ³ за годину	116,7	204,2	262,5	350,0
Маса біогазу, кг за годину	140,0	245,0	315,0	420,0
Вміст метану, кг за годину	91,0	159,3	204,8	273,0
Теплотворна здатність метану, МДж за кг	4213,3	7373,3	9479,9	12639,9
Теплотворна здатність метану, кВт	1170,0	2048,0	2633,0	3511,0
Окупність установки, рік	14,0	8,0	6,2	4,7

Такі дані відрізняються від пташиного виробництва за рахунок того, що у свинячому гної більший відсоток сухої речовини (35%), більший вихід біогазу (від 0,4 м³ на кг сухої речовини) та вміст метану в ньому (від 65%). У

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Непопл.

розрахунках приймалися мінімальні дані щодо утворення біогазу то вмісту метану в ньому.

Таблиця 3.5 – Порівняльна таблиця утворення біогазу з відходів комплексів великої рогатої худоби

Показники	Виробництво			
	Перше	Друге	Третє	Четверте
Кількість відходів, тон за добу	20	35	45	60
Кількість відходів, кг за годину	833,3	1458,3	1875	2500
Вміст сухої органічної речовини, кг	250	437,5	562,5	750
Вихід біогазу, м ³ за годину	62,5	109,4	140,6	187,5
Маса біогазу, кг за годину	75	131,3	168,8	225
Вміст метану, кг за годину	48,8	85,3	109,7	146,3
Теплотворна здатність метану, МДж за кг	2257,1	3950	5078,5	6771,4
Теплотворна здатність метану, кВт	630	1097	1410	1880
Окупність установки, рік	26,1	14,9	11,6	8,7

Причиною таких низьких показників є те, що гній великої рогатої худоби має 70% вологи, та дуже малий вихід біогазу (від 0,25 до 0,35 м³ на кг сухої речовини), у порівнянні з пташиним (від 35 м³ на кг сухої речовини) та свинячим (від 40 м³ на кг сухої речовини). У розрахунках приймалися мінімальні дані щодо утворення біогазу то вмісту метану в ньому.

Таблиця 3.6 – Порівняльна таблиця утворення біогазу з відходів кінних комплексів

Показники	Виробництво			
	Перше	Друге	Третє	Четверте
Кількість відходів, тон за добу	20,0	35,0	45,0	60,0
Кількість відходів, кг за годину	833,3	1458,3	1875,0	2500,0
Вміст сухої органічної речовини, кг	291,7	510,4	656,3	875,0
Вихід біогазу, м ³ за годину	58,3	102,1	131,3	175,0
Маса біогазу, кг за годину	70,0	122,5	157,5	210,0
Вміст метану, кг за годину	38,5	67,4	86,6	115,5
Теплотворна здатність метану, МДж за кг	1782,6	3119,5	4010,7	5347,7
Теплотворна здатність метану, кВт	495,0	866,0	113,0	1485,0
Окупність установки, рік	28,0	16,0	12,4	9,3

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Непопл.	

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

ТС 18510207

Арк

39

Кінські відходи мають найгірші показники, у порівнянні з усіма іншими: вихід біогазу починається від 20%, та вміст метану в ньому не перевищує 55-60%. У розрахунках приймалися мінімальні дані щодо утворення біогазу то вмісту метану в ньому.

Таблиця 3.7 – Порівняльна таблиця характеристик відходів різних тваринних комплексів

Показник	Види посліду			
	Пташиний	Свинячий	ВРГ	Конячий
Вміст сухої речовини, %	25-30	35-40	30-35	35-40
Вихід біогазу, м ³ на кг сухої речовини	0,35-0,6	0,35-0,58	0,25-0,35	0,2-0,3
Вміст метану у біогазі, %	60	65	65	55

З даної таблиці видно, що найбільший мінімальний вихід має пташиний послід та свинячий гній. Вміст метану в усіх наведених відходах майже однаковий. З цього можливо зробити висновок, що найкращою сировиною для біогазової установки є свинячий гній. Далі, у рейтингу, друге місце посідає пташиний послід. Третє та четверте відповідно займають гній великої рогатої худоба та кінський гній.

За терміном окупності, ми бачимо, що лише найбільші ферми виробництва мають змогу заплатити інвесторам протягом 10 років. Хоча до нашого розгляду ми обирали установку найвищої цінності.

Обробка ультразвуковим апаратом. Для повної оцінки методу ультразвукової обробки, необхідно розрахувати вихід біогазу, який буде утворюватися. З джерел літератури, ми знаємо що такий метод збільшує вихід біогазу у 1,4-1,7 рази [40]. Для наших розрахунків ми збільшимо розрахунковий вихід біогазу у півтори рази.

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподр.	

Таблиця 3.8 – Утворення біогазу після ультразвукової обробки

Показники	Виробництво			
	Перше	Друге	Третє	Четверте
Кількість відходів, тон за добу	20,0	35,0	45,0	60,0
Кількість відходів, кг за годину	833,3	1458,3	1875,0	2500,0
Вміст сухої органічної речовини, кг	208,3	364,6	468,8	625,0
Вихід біогазу, м ³ за годину	109,4	191,4	246,1	328,1
Маса біогазу, кг за годину	131,3	229,7	295,3	393,8
Вміст метану, кг за годину	78,8	137,8	177,2	236,3
Теплотворна здатність метану, МДж за кг	3646,1	6380,7	8203,8	10938,4
Теплотворна здатність метану, кВт	1012	1772	2278	3038
Окупність установки, рік	14,9	8,5	6,6	5,0

Отже, як ми бачимо, наше контрольне третє виробництво збільшило вихід біогазу в 164 м³ до 246,1 м³, та окупність нашого виробництва знизилась від 10 років до 6,6. Це дає нам змогу краще зрозуміти та побачити ефективність застосування цього методу інтенсифікації у глобальних масштабах.

Оцінка окупності дешевих технологій. Попередньо, було розглянуто лише найдорожчу технологію виробництва. Не всі ферми та підприємства мають намір придбавати велитенські біофабрики, тому у цьому пункті ми розглянемо окупність біогазової установки вартістю 5 млн євро з урахуванням стандартних методів отримання біогазу та із застосуванням методу ультразвуку.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

41

Таблиця 3.9 – Окупність дешевої біогазової станції

Показники	Виробництво			
	Перше	Друге	Третє	Четверте
Кількість відходів, тон за добу	20,0	35,0	45,0	60,0
Кількість відходів, кг за годину	833,3	1458,3	1875,0	2500,0
Вміст сухої органічної речовини, кг	208,3	364,6	468,8	625,0
Вихід біогазу, м ³ за годину	72,9	127,6	164,1	218,8
Маса біогазу, кг за годину	87,5	153,1	196,9	262,5
Вміст метану, кг за годину	52,5	91,9	118,1	157,5
Теплотворна здатність метану, МДж за кг	2430,8	4253,8	5469,2	7292,3
Теплотворна здатність метану, кВт	675,0	1181,0	1517,0	2025,0
Окупність установки, рік	11,2	6,4	5,0	3,7

Відповідно до отриманих розрахунків, строк окупки дешевої технології прямопропорційний їх собівартості (10 млн та 5 млн євро, як 10 років та 5 років роботи виробництва).

Таблиця 3.10 – Окупність дешевої біогазової станції із застосуванням методу обробки ультразвуком

Показники	Виробництво			
	Перше	Друге	Третє	Четверте
Кількість відходів, тон за добу	20,0	35,0	45,0	60,0
Кількість відходів, кг за годину	833,3	1458,3	1875,0	2500,0
Вміст сухої органічної речовини, кг	208,3	364,6	468,8	625,0
Вихід біогазу, м ³ за годину	109,4	191,4	246,1	328,1
Маса біогазу, кг за годину	131,3	229,7	295,3	393,8
Вміст метану, кг за годину	78,8	137,8	177,2	236,3
Теплотворна здатність метану, МДж за кг	3646,1	6380,7	8203,8	10938,4
Теплотворна здатність метану, кВт	675,0	1181,0	1517,0	2025,0
Окупність установки, рік	7,5	4,3	3,3	2,5

З даної таблиці, ми бачимо, що найменша уявна ферма дозволяє собі окупити затрати на установку біогазової станції за 7,5 років. Наша контрольно ферма, без такої обробки сировини, витратила би на це 10 років. Слід взяти до уваги, що у розрахунках приймалися найменші можливі

Підп. і дата	
Інв. Недубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. Неподр.	

коефіцієнти, тому при практичних умовах виробництва, показники виходу біогазу та вмісту метану в ньому можуть бути значно вищі.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510207	Арк
						43
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

З часу подання органічних відходів до станції зважування, починається процес перетворення їх до біогазу. Весь цей час, для людини виникає цілий ряд небезпечних ситуацій. Якщо не дотримуватись правил безпечного перебування на біогазовому підприємстві, людина може отримати серйозні телесні ушкодження, а в деяких випадках навіть до летального результату. До таких небезпек на виробництві відносять утоплення, ушкодження від електричного струму та високий рівень шуму від механізмів.

Біогаз – один із перший найнебезпечніших компонентів підприємства. Ця суміш газів не має кольору та запаху, тому їх витік буде важко помітити. Знаходячись у приміщенні, наповненого біогазом, потрібно пам'ятати, що у його складі відсутній кисень, то є ризик задихнутися. А головним його компонентом є пожежо-вибуховий газ – метан. Тому робітники повинні належним чином перевіряти цілісність ізолюючих шарів покриття контейнерів, де відбуваються процеси зберігання та зброджування органічних відходів.

До зони підприємства сторонні особи не повинні мати вільного доступу. Знаходитись на території виробництва лише під супроводом довіреної особи. На території робочої зони не має бути джерел відкритого вогню. Винятком для цього є факел, на якому спалюється зайвий газ. У разі виникнення пожежі, необхідно використовувати вогнегасник або сухий пісок. Доступ до вогнегасника має бути без перепон. За графіком повинна перевірятися справність автоматичної вогнегасної системи.

На території підприємства повинні знаходитись стерильні зони харчування, де буде дозволено їсти їжу, оскільки до складу робочого повітря підприємства можуть випадково потрапити хвороботворчі мікроорганізми.

Підп. і дата	
Інв.Недубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.Неподл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

44

Прилади для вимірювання показників мають калібруватися за їх графіком та методикою, щоб постійно бути в належному стані та давати об'єктивні результати перевірки.

У місцях, де знаходяться органічні відходи, робітникам та відвідувачам необхідно знаходитись у засобах захисту дихальних шляхів – респіраторах.

Обережно працювати з насосними механізмами, обладнанням під тиском.

При аварійних ситуаціях, у всіх відділах повинні бути свіжі та працюючі вогнегасники, пожежна сигналізація, факел для спалювання аварійних викидів. У кожному приміщенні має знаходитись достатньо-детальний та зрозумілий план евакуації.

Під час роботи з ферментатором, робітники повинні знати та дотримуватись правил користування об'єктів та техніки безпеки. У таких документах повинні міститися: інструкція з експлуатації робочого обладнання, опис технічного приміщення, графік проведення робіт, інструкція з надання першої допомоги, перелік речей, що заборонено робити.

Біля споруд, де знаходиться біогаз (метантенк, доброджувач, когенераційна установка), повинна бути виділена спеціальна зона та заходитись попереджувальні знаками.

На виробництві існують вибухонебезпечні зоні. Вони залежать від концентрації метану, який в них знаходиться. Головний спосіб попередження такої загрози є визначення небезпечності зон: вони поділяються на зона 0, зона 1 та зона 2.

Зона 0 встановлюється біля найбільших місць перебування метану – біля газгольдерів. Також такою зоною є система надання повітря до двигунів, камери згорання, та біореактор. Його небезпека полягає тоді, коли повітря надходить до його середини.

Зона 1 розташовується в місцях, де є ймовірність утворення вибухової концентрації метану. За умов працюючої вентиляції, ця зона знаходиться на відстані 1 метр від країв працюючих установок, оглядового скла, місць для

Підп. і дата	
Інв.Недубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.Неподл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

45

обслуговування у реакторі і лише за умови відсутності можливості витоку метану. Також відноситься площа навколо труб для викидів та факелів. Ями, у яких перебувають органічні відходи або інше, також підлягають зоні 1.

Зона 2 охоплює малоймовірні або неможливі зони виникнення вибухонебезпечних умов. Такими місцями є відкриті ями та місця для харчування.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

46

ВИСНОВКИ

Під час написання дипломної роботи, було:

1. Здійснено огляд органічних відходів, а саме: джерела його утворення, склад цих відходів, їх екологічна безпечність. Завдяки швидкому розростанню аграрної промисловості в Україні, почав збільшуватись розвиток біоенергетичних технологій – будівництво біогазових станцій.

2. Розглянуто способи утилізації органічних відходів різного походження: компостування та анаеробне зброджування. Методи компостування мають багато позитивних якостей, але їх потенціал закінчується у вигляді добрив. Тому саме процес анаеробного зброджування швидко поширюється світом. Бо завдяки ньому, виробляється кліматично-нейтрально паливо, яке конкурує з викопними енергоджерелами, завдяки своїй енергетичній спроможності.

3. Розглянуті методи інтенсифікації процесу анаеробного зброджування. Було встановлено, що методи тепрічної та механічної обробки субстрату вже долучені до загальноприйнятих схем біогазових установок: під час процесу зброджування органічної маси, її постійно підігрівають та перемішують. Було встановлено новий перспективний метод обробки сировини – ультразвукова обробка. Це дає змогу подрібнити тверді частинки у субстраті, зруйнувати зовнішню стінку клітин, пригнічити розвиток небажаної мікрофлори у сировині.

4. Розглянуто схему типової біогазової станції та її вдосконалення. На першому етапі виробництва, встановити камеру ультразвукової обробки, до якої буде надходити вже зважена та змішана сировина. Після проходження процесу кавітації, отриманий субстрат переходить до ферментатора, до якого додають робочу групу бактерій.

5. Проведено розрахунки різних типів біогазових установок: були розглянуті окупності дешевих та дорогих станцій при використанні різного

Підп. і дата	
Інв.Недубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.Неподл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 18510207

Арк

47

виду органічної сировини, різного об'єм субстрату, що піддавався обробці та проводився розрахунок біогазових станцій, якщо б вони задіяла метод ультразвукової обробки. Таким чином, завдяки ультразвуковому методу інтенсифікації, найменша ферма змогла окупитися за значно коротший строк, ніж інша ферма, використовуючи туж саму сировину, маючі значно більші об'єми переробного субстрату. Заплановані подальші експериментальні дослідження процесу ультразвукової інтенсифікації процесу зброджування різних ко-субстратів із залученням різної сировинної бази (відходів різного генезису) у співробітництві з приватними фермерськими господарствами.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510207					Арк
										48
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат						

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Черниш Є.Ю., Пляцук Л.Д., Чубур В.С., Білоус О.О. Біоенергетичні інновації для цілей сталого розвитку // II Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» присвячена 203-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка - м. Полтава, 2021 р. - С. 345 – 348

2. Гелетуша Г.Г., Желізна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка БАУ №7. – 25.02.2014 р. – С. – 33

3. Аналіз стану виробництва продукції тваринництва в Україні. 26.12.2021. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/12_2021/107.pdf

4. Біогазові проекти в Україні 2020. Інфографіка - SAF Україна. SAF Україна. URL: <https://saf.org.ua/news/1042/>

5. Біоенергетичні об'єкти: інфографіка - UABIO. UABIO. URL: <https://uabio.org/materials/11862/>

6. Як сталі біогазові технології сприяють оздоровленню ґрунтів та екосистем? – 3 аргументи до Всесвітнього дня ґрунтів - UABIO. UABIO. URL: <https://uabio.org/news/9351/>

7. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

8. Статистичний щорічник України 2020 Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/11/Yearbook_2020.pdf

9. Компостування: ефективно, екологічно, корисно для ґрунтів. 12.06.2017. URL: <https://superagronom.com/blog/115-kompostuvannya-efektivno-ekologichno-korisno-dlya-gruntiv>

10. Мерзлов С. В. Корекція параметрів біотехнології вермікультування та регламентація використання біомаси черв'яків і

Підп. і дата	
Інв.Недубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.Неподл.	

						ТС 18510207	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			49

30. Н. Г. Газизова, М. В. Кевбрина, В. Г. Коробцова. Сравнение разных методов предобработки осадков сточных вод для интенсификации процесса метанового сбраживания // Водочистка, 2013. – № 1 – С. 22 – 28

31. Кок У.Е. Звуковые и световые волны. - М.: Мир, 1966. – С. 157

32. Т.А. Веденеева, А.Г. Веденев. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике, Бишкек: Типография «Евро», 2006. – С. – 90

33. Переробка сміття в Україні та ЄС: як екологічну катастрофу перевести у прибутковий бізнес. URL: https://24tv.ua/pererobka_smitty_a_v_ukrayini_ta_yes_yak_ekologichnu_katastrofu_perevesti_u_pributkoviy_biznes_n698225

34. Henze, M. Hydrolysis of Particulate Substrate by Activated Sludge under Aerobic, Anoxic and Anaerobic Conditions – DOI 10.1016/0043-1354(91)90099-C // Water Research, 1991. – Vol. 25, issue 1. – P. 61 – 64

35. H. A. Villiers, J. R. Messenger, G. A. Ekama. Oxygen Utilization Rate as a Control Parameter for the Aerobic Stage in Dual Digestion – DOI 10.2166/wst.1990.0116 // Water Science and Technology, 1990. – Vol. 22, issue 12. – P. 217 – 227. URL: <https://iwaponline.com/wst/article-abstract/22/12/Oxygen-Utilization-Rate-as-a-Control-Parameter-for?redirectedFrom>

36. K. B. McIntosh, J. A. Oleszkiewicz. Volatile Fatty Acid Production in Aerobic Thermophilic Pre-Treatment of Primary Sludge / K. B. McIntosh, J. A. Oleszkiewicz. – DOI 10.1016/S0273-1223(97)00682-3 // Water Science and Technology, 1997. – Vol. 36, issue 11. – P. 189 – 196. URL: <https://iwaponline.com/wst/article-abstract/36/11/189/7025/Volatile-fatty-acid-production-in-aerobic>

37. L. Appels, J. Baeyens. Principles and Potential of the Anaerobic Digestion of Waste-Activated Sludge – DOI 10.1016/j.pecs.2008.06.002 // Progress in Energy and Combustion Science. – Vol. 34, issue 6. – P. 755 – 781. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036012850312?via%3Dihub>

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

38. R. M. Gersber, D. Q. Zhang, K. Tan. Municipal Solid Waste Management in China: Status, Problems and Challenges // Journal of Environmental Management, 2010. – Vol. 91, issue 8. – P. 1623–1633. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710000848>

39. О.Г. Скляр, В.В., Шацький. Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні // Вісник НВ ТДАТУ, 2013. – В. 13, №3 – С. 4 – 12

40. Ковалев А.А., Ковалев Д.А., Григорьев В.С. Энергетическая эффективность предварительной обработки синтетического субстрата метантенка в аппарате вихревого слоя // Научная статья, 2020. – С. 97

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 18510207	Арк
						53
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		