

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології**

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
В.о. завідувача кафедри
_____ Наталія ГОЛУБ
«__» _____ 2021 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»

зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

на тему: «Отримання біогазу з відходів тваринництва»

Виконала:

студентка VI курсу, групи БЕз-01
ЛІТВІНЕЦЬ Наталія Сергіївна _____

Науковий керівник:

доцент кафедри біоенергетики,
біоінформатики та екобіотехнології, к.т.н.
КОЗАР Марина Юріївна _____

Консультант з розробки стартап-проєкту:

канд. екон. наук, доц.

ТЮЛЕНЄВА Юлія Валеріївна _____

Консультант з графічної частини:

д.т.н., проф.

САБЛІЙ Лариса Андріївна _____

Рецензент:

доцент кафедри екології та
технології рослинних полімерів,
к.т.н., доц.

ЧЕРЬОПКИНА Романія Іванівна _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць

інших авторів без відповідних
посилань.

Студентка _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Наталія ГОЛУБ

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Літвінець Наталії Сергіївні

1. Тема дисертації «Технологія отримання біогазу з відходів тваринництва», науковий керівник дисертації керівник проекту Козар Марина Юріївна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: відходи тваринництва

4. Вихідні дані: поголів'я ВРХ – 2000 голів. Необхідна вологість субстрату – 98,5%. Режим зброджування – періодичний. Спроектувати метантенк для отримання біогазу та біодобрих з відходів тваринництва.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

1. Охарактеризувати відходи великої рогатої худоби як сировину для отримання біогазу, провести аналіз існуючих технологій утилізації відходів ВРХ та обґрунтувати вибір технології отримання біогазу з них;

2. Розробити технологічну та апаратурну схеми виробництва біогазу з відходів ВРХ та розробити креслення апаратурної та технологічної схем;

3. Розрахувати основні параметри та обрати метантенк, для проведення зброджування, розрахувати матеріальний баланс процесу виробництва біогазу та навести креслення метантенка;

4. Розробити стартап-проект отримання біогазу з відходів тваринництва.

5. Навести заходи з охорони праці на виробництві біогазу та охорони навколишнього середовища.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу 5 аркушів креслень А1, 1 рисунок, 24 таблиці.

7. Орієнтовний перелік публікацій дві тези доповідей.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Графічна частина проєкту	Професор, д.т.н., проф. Саблій Л.А.		
Розробка стартап-проєкту	Доцент, к.е.н, доц. Тюленєва Ю.В.		

9. Дата видачі завдання _____

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Охарактеризувати відходи великої рогатої худоби як сировину для отримання біогазу, провести аналіз існуючих технологій утилізації відходів ВРХ та обґрунтувати вибір технології отримання біогазу з них;		
2	Розробити технологічну та апаратурну схеми виробництва біогазу з відходів ВРХ та розробити креслення апаратурної та технологічної схем;		
3	Розрахувати основні параметри та обрати метантенк, для проведення зброджування, розрахувати матеріальний баланс процесу виробництва біогазу та навести креслення метантенка;		
4	Розробити стартап-проєкт отримання біогазу з відходів тваринництва.		
5	Навести заходи з охорони праці на виробництві біогазу та охорони навколишнього середовища.		

Студент

Наталія ЛІТВІНЕЦЬ

Науковий керівник

Марина КОЗАР

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з 73 аркушів пояснювальної записки, з використанням 36 літературних джерел та 5 аркушів креслень А1. Пояснювальна записка складається з вступу, семи розділів, що містять 1 рисунку, 24 таблиць, висновки і список літературних посилань.

В роботі обрано та обґрунтовано технологію отримання отримання біогазу з відходів тваринництва. В проекті наведено обґрунтування вибору технології одностадійного періодичного режиму зброджування сировини при мезофільному режимі зброджування. Наведено характеристику відходів, як сировини для утворення біогазу. Розраховано матеріальний баланс процесу, наведено та описано технологічну, апаратурну та схему автоматизації виробництва біогазу, вказані точки та параметри контролю етапів процесу, розроблено стартап-проект, охорона праці та довкілля. Обрано два метантенки об'ємом 4000 м³.

БІОГАЗ, УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ, МЕТАНОГЕНЕЗ, МЕТАНТЕНК, ЗБРОДЖУВАННЯ.

ABSTRACT

The diploma project consists of 73 pages of explanatory note, using 25 references and 5 sheets of drawings A1. The explanatory note consists of an introduction, seven chapters containing 1 figures, 24 tables, conclusions and a list of references.

The technology of biogas production from animal waste is selected and substantiated in the work. The project substantiates the technology of one-stage selection of raw material fermentation mode in mesophilic fermentation mode. The characteristics of waste as a raw material for biogas production are given. The material balance of the process is calculated, the technological, hardware and scheme of automation of biogas production are given and described, the points and parameters of control of the stages of the process are indicated, the start-up, labor protection and environment are developed. Two methane tanks with a capacity of 4,000 m³ were selected.

BIOGAS, WASTE DISPOSAL, METHANOGENESIS, METANTENK, FERTILIZATION.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА ТА БІОГАЗУ.....	10
1.1 Характеристика субстрату для зброджування	10
1.2 Характеристика отриманого біогазу.....	13
1.3 Характеристика метаногенів	15
РОЗДІЛ 2 ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ	18
2.1 Схема перебігу процесу зброджування біомаси.....	18
2.2 Особливості процесу метанового бродіння.....	20
2.3 Особливості технологічного процесу.....	25
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	27
3.1 Сировина та матеріали.....	27
3.2 Опис технологічного процесу.....	28
3.3 Контроль виробництва.....	31
3.4 Матеріальний баланс.....	33
РОЗДІЛ 4 ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ.....	35
Підбір основного та допоміжного обладнання (розрахунки).....	35
РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ	40
5.1 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу	40
5.2 Оцінка ризиків та страхування розробки.....	48
5.3 Оцінка ринкових позицій інноваційної розробки.....	53
РОЗДІЛ 6 АВТОМАТИЗАЦІЯ СТАДІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА.....	57

					КББЕ.БЕ0114.МД			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Літвінець Н.С.						
Конс.		Козар М.Ю.					6	73
						КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ		
Керів.		Козар М.Ю.						
Затверд.								

РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ.....	63
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	67
ДОДАТОК А.....	71

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Пошук альтернативних джерел сировини для виробництва енергії невинно зростає і наразі актуальним є питання збільшення частки відновних джерел в енергобалансі країн. Одним із перспективних напрямів для нашої країни є переробка біомаси з відходів тваринництва шляхом анаеробного зброджування з утворенням біогазу, який в подальшому можна використовувати для отримання палива та енергії [1].

Біотрансформація енергії біомаси в біогаз шляхом метанового зброджування дозволяє комплексно вирішувати енергетичні, соціальні, сільськогосподарські та екологічні. Важливою складовою ефективності метанової конвертації нарівні з отриманням біогазу та якісних добрив є перелік опосередкованих ефектів, значення яких засновується як на економічних показниках, так і на загальнодержавних пріоритетах [2]. До них варто віднести: зниження енергетичної складової в собівартості сільськогосподарчої продукції; економія енергоресурсів у високозатратному виробництві мінеральних добрив; зниження гербіцидного навантаження на ґрунти і т.д. .

Актуальність використання таких установок передбачає:

1. Раціональне використання енергії біомаси відходів сільської промисловості з отриманням біотоплива і залучення до енергобалансу додаткового нетрадиційного та поновлювального джерела енергії.
2. Отримання високоякісних добрив і підвищення завдяки цьому врожайності.
3. Охорону навколишнього середовища: зменшення або попередження

					КББЕ.БЕ0114.МД			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Літвінець Н.С.						
Конс.		Козар М.Ю.					8	73
						КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ		
Керів.		Козар М.Ю.						
Затверд.								

забруднення навколишнього середовища вторинними продуктами сільського господарства; покращення екологічної, санітарно-гігієнічної ситуації в регіоні.

4. Більш повне залучення в природний кругообіг хімічних елементів, в тому числі біогенних.

У зв'язку з цим розробка нових економічно вигідних методів виробництва біогазу є досить актуальною.

Метою дипломного проекту є вибір та обґрунтовування технології виробництва біогазу з відходів тваринництва з утворенням біодобрив.

Завдання проекту:

1.Охарактеризувати відходи великої рогатої худоби як сировину для отримання біогазу, провести аналіз існуючих технологій утилізації відходів ВРХ та обґрунтувати вибір технології отримання біогазу з них;

2.Розробити технологічну та апаратурну схеми виробництва біогазу з відходів ВРХ та розробити креслення апаратурної та технологічної схем;

3.Розрахувати основні параметри та обрати метантенк, для проведення зброджування, розрахувати матеріальний баланс процесу виробництва біогазу та навести креслення метантенка;

4.Розробити стартап-проект отримання біогазу з відходів тваринництва.

5.Навести заходи з охорони праці на виробництві біогазу та охорони навколишнього середовища.

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА ТА БІОГАЗУ

1.1. Характеристика субстрату для зброджування.

В Україні є велика сировинна база для організації промислового виробництва біогазу з відходів сільського господарства. В основному це відходи тваринництва та рослинництва.

В якості сировини можна використовувати гнойову біомасу великої рогатої худоби, свиней, курячий послід, відходи скотобійні, відходи рослин, силос, зіпсоване зерно, каналізаційні стоки, жири, відходи харчової промисловості. Більшість видів сировини можна змішувати з іншими видами сировини.

Найбільш придатними для даного процесу є гнойова біомаса тваринницьких ферм та комплексів. Кількість та властивості посліду залежать від віку, раціону, годівлі та способу утримання тварин [3].

Тип сировини визначає подальшу технологію і режим процесу метанового зброджування. Відомо, що гній містить значний потенціал отримання енергії, оскільки запас сонячної енергії, що міститься в біомасі рослинних кормів, використовується малоефективно. Наприклад, в організмі великої рогатої худоби тільки 16,4% енергії кормів трансформується в органічні речовини тіла тварини; 25,6% - витрачається на переварювання і засвоювання корму; інші 58% переходять в гній [4].

Рідкий гній являє собою суміш твердих та рідких екскрементів, технологічної води, підстилкового матеріалу, залишків корму, розчинених мінеральних та газоподібних речовин. Окрім цього, він містить медикаментозні та інші речовини, які використовуються для профілактики захворювань і

					КББЕ.БЕ0114.МД			
					РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА ТА БІОГАЗУ	Стадія	Арк.	Аркушів
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Літвінець Н.С.						
Конс.		Козар М.Ю.					10	73
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Керів.		Козар М.Ю.						
Затверд.								

дезінфекції виробничих приміщень [3].

Гній ВРХ найкраще підходить для переробки в біогазових установках, оскільки метаноутворюючі бактерії вже містяться в травному тракті тварин. Однорідність цього гною дозволяє рекомендувати його для використання в установках безперервного зброджування [5].

Разом з відходами з тваринницьких приміщень треба також видаляти деяку кількість корму – це малопридатні в їжі домішки, а також корма, які були кинуті з годівниць і затоптані тваринами. Доля кормів, які надходять у відходи, як правило, не перевищує 10 % від загальної маси посліду.

Велике значення для ефективного зброджування рідкого гною має вологість сировини і наявність в ньому твердих часток. Це пов'язано з тим, в першу чергу, з умовами експлуатації установки, оскільки тверді частинки, мають більшу густину, ніж зброджуваний субстрат та утворюють в метантенку осад, а легкі частинки флотують та утворюють на поверхні субстрату кірку, яка перешкоджає газовиділенню. Крім того, при низькій вологості (менше 86 %) ускладнюється перемішування субстрату, а при високій вологості (більше 96 %) різко знижується газовиділення через недостатній вміст органічних речовин в сировині. Більшість спеціалістів вважають оптимальною концентрацію сухих речовин в гнойовій біомасі 8-10 % [3].

Від пропорції вмісту вуглеводів, жирів та білків у субстраті залежить вихід біогазу. Вуглеводи знаходяться у формі полісахаридів та в подальшому розпадаються на дисахариди та моносахариди. Вміст клітковини та лігніну впливає на продукування біогазу. Лігнін, який у процесі майже не розкладається, та клітковина помітно знижують газовиділення.

У метановому бродінні одним із найбільш важливих факторів є співвідношення C:N у субстраті. При надлишку азоту виникає велика кількість аміаку, що призводить до гибелі мікроорганізмів в результаті його токсичної дії. Нестача ж азоту буде служити фактором, який обмежує процес метанового бродіння. У процесі метанового бродіння співвідношення C:N постійно

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінюється, оскільки вуглець виділяється з біогазом постійно, а азот зберігається у біореакторі і виходить тільки при вивантажуванні шламу.

Ступінь розпаду органічної речовини сільськогосподарських відходів у більшій мірі залежить від складу сировини, від того, скільки в ній біонерозкладної фракції. Так, наприклад, біорозкладання гною ВРХ становить 60-70 %, пташиного посліду – до 87 %, а гною свиней – 90 %. На практиці отримання такого високого ступеню розпаду недоцільно. Ступінь розпаду для різних відходів змінюється в залежності від складу сировини, оптимальності протікання процесу, температурного режиму процесу, наявності інгібіторів та каталізаторів процесу [3].

Для даного виду сировини, що переробляється в умовах мезофільного режиму, час, за який виділяється найбільша частина біогазу, дорівнює близько 10-15 дням [7].

В таблиці 1.1 наведено огляд даних про фізико-хімічний склад гнойових відходів ВРХ.

Таблиця 1.1 Фізико-хімічні характеристики гнойових відходів великої рогатої худоби [7]

Показник	Розмірність	Значення показника	
		Найменше	Найбільше
Органічна маса	% до СР	77	85
Лігнін	% до СР	16	30
Азот N	% до СР	1,9	6,5
Співвідношення вуглецю і азоту C / N		9	15
Фосфор	% до СР	0,2	1,1
Калій	% до СР	1,0	2,4
Целюлоза	% до СР	27,6	50,3
Магній	% до СР	0,5	0,6

Виходячи з даних з таблиці 1.1 можна побачити, що гнойова маса ВРХ придатна для утилізації з подальшим отриманням біогазу. Проте варто зауважити, що дані значення можуть змінюватись в залежності від способів годівлі, утримання та видалення гнойою.

Шлам, який утворився , після зброджування гнойової біомаси містить значну кількість біомаси і може бути використаний у якості добрив або кормових добавок. Після метанового бродіння практично весь азот зберігається в органічній або амонійній формі, який міститься у вихідній сировині. Це дає можливість подальшого використання шламу, що перебродив, як добриво. Також з шламу, що містить цінні поживні речовини, переробляють на кормові добавки та використовують при відкормі ВРХ, птахів, овець та свиней. Зброджений осад використовують при вирощуванні водоростей. У мікробіологічній біомасі перебродженого гною містяться всі незамінні амінокислоти. Наявність великої кількості вітамінів групи В, обумовлює можливість його застосування для отримання білково-вітамінних харчових добавок [4].

1.2. Характеристика отриманого біогазу

Біогаз – це різновид біопалива, який отриманий за допомогою анаеробної ферментації біомаси, і який технологічними процесами доведений до характеристик природного газу згідно нормативно-технічного документа ДСТУ ISO 13443:2015 «Гази горючі природні для промислового і комунально-побутового призначення» [28]. Отриманий біогаз має відповідати вимогам визначеним у наступних документах: ДСТУ 7721:2015 «Газоподібне паливо. Біогаз. Технічні вимоги і методи контролю» [29], ДСТУ 7509:2014 «Газоподібне паливо. Біогаз. Методи відбору проб» [30], ДСТУ 4516: 2006 «Поновлювані джерела енергії. Установки біогазові.» [31] .

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кінцевим продуктом метанового бродіння є біогаз, який складається в середньому з 65-70 % метану і 25-30 % діоксиду вуглецю з невеликими домішками сірководню, водню, азоту.

Теплотворна здатність біогазу знаходиться в проміжку 20,0-34 МДж/м³ в залежності від вмісту CO₂. Перед використанням біогаз очищують від надлишків води та сірководню. Отримання біогазу відбувається в спеціальних реакторах (метантенках), облаштованих і керованих таким чином, щоб забезпечити максимальне виділення метану. [3].

Оскільки горюча частина біогазу складається з метану, його відносять до сімейства природніх газів. Хоча біометан поступається природньому газу своїми теплотворними властивостями, проте після проведення технологічної сепарації він може перевершувати властивості природнього газу. Чистий біометан не має запаху та кольору [7].

Біогаз дає можливість використовувати найсучасніші засоби теплоенергетики – газові турбіни. У цих установках газ згорає, наводячи у рух турбіну, яка обертає генератор, що виробляє електроенергію. У свою чергу газоподібні продукти згорання потім прямують в казан для нагрівання води і здобуття пари, яка може бути використаний в промисловості або для додаткового виробництва енергії [9].

Одержуваний біогаз переважно використовується в теплоенергетичних установках, змонтованих поряд з біогазовими установками. Частково тепло використовується для виробничих процесів, але більша частина, як і електроенергія, розподіляється між споживачами. Біогаз може бути використаний в якості палива для двигунів внутрішнього згорання або подаватись в електромережу до споживачів. Біогаз, що отримується в процесі анаеробного зброджування гною та інших придатних для цього органічних відходів, є не тільки відновлюваним джерелом енергії, але й екологічним методом переробки та утилізації цих відходів в органічне добриво [10].

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Характеристика біологічного агента

Метаногенні археї є одними з найдавніших живих організмів на нашій планеті, вони виникли в період від трьох до чотирьох мільярдів років тому, задовго до того як утворилась атмосфера у відомому нам вигляді. Через цю причину, дані мікроорганізми потребують середовище без доступу кисню. Більшість цих видів гине навіть від незначної кількості кисню. Але, як правило, повністю виключити потрапляння кисню в реактор виключити неможливо. Причина того, що метаногенні археї не одразу зменшують свою активність або навіть повністю гинуть, заключається в тому, що вони живуть у симбіозі з поглинаючими кисень бактеріями з попередніх етапів бродіння. Деякі з них – це так звані факультативно-анаеробні бактерії, які можуть існувати при наявності кисню, так і повністю без нього. Поки кисню не надто багато, вони можуть його використати, перед тим як він нанесе шкоду метаногенам, які потребують середовище з повною відсутністю кисню [11].

У процесі можуть брати участь 6 основних груп метанових бактерій, що відрізняються морфологічно: *Methanosaeta*, *Methanococcus*, *Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanotrix* та *Methanosarcina* [6].

Метанові бактерії – строгі анаероби, вони доволі чутливі до присутності у середовищі розчиненого кисню та нітратів. Оптимальне значення $pH = 7,0-7,5$, хоча ці бактерії можуть працювати і при $pH = 9-10$, якщо час їх перебування не менше 20 діб. Концентрація кисню, що дорівнює 0,01 мг/л, згубно впливає на метанові бактерії. Джерелом вуглецю, як вже зазначалося, є ацетат-йон та вуглекислий газ, джерелом енергії є водень, головним джерелом азоту – амоній, сірки – сульфіді, а також цистеїн і сульфати. Для нормальної життєдіяльності метаногенів необхідні макро- та мікроелементи (калій, натрій, кальцій, кобальт, мідь, бор, цинк, молібден), однак високі концентрації мікроелементів можуть мати токсичний вплив на бактерії [7]. За оптимумом температур мікроорганізми можна розділити на три групи: психофільні, мезофільні та термофільні мікроорганізми. Температурний режим для психофільних мікроорганізмів

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знаходиться в діапазоні $< 25^{\circ}\text{C}$. При таких температурах немає необхідності в нагріванні субстрату або реактора, але продуктивність розкладу і об'єм біогазу являється незначним. Тому цей температурний режим не є рентабельним. Більша частина відомих метаногенів має оптимум росту в мезофільному ($25-40^{\circ}\text{C}$) та термофільному ($40-60^{\circ}\text{C}$) діапазонах [7]. Практика показала, що переходи між температурними діапазонами являються плавними і мікроорганізмам шкодить, в першу чергу, швидка зміна температури, і навпаки, метаногени можуть у випадку плавної зміни температури пристосовуватися до різних її рівнів. Тому для стабільності процесу важлива не так абсолютна температура, як її сталість [11].

Анаеробний розпад органічних речовин здійснюється асоціаціями мікроорганізмів, які складають трофічний ланцюг первинних і вторинних анаеробів.

У процесі метанового бродіння беруть участь п'ять груп мікроорганізмів[7]:

1. Ферментативні гідролітики (на цій стадії діють облигатні анаероби: *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococcus*, а також факультативні: *Escherichia coli* и *Bacillus sp.*);
2. Ацетогени, що утворюють кислоти (ацетогенні бактерії ключають як облигатні, так і факультативні мікроорганізми, такі як: *Syntrophobakter*, *Syntrophomonas*, *Desulfovibrio*.);
3. Ацетогени, що використовують водень;
4. Метаногени, що відновлюють CO_2 ;
5. Метаногени, що використовують ацетат.

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

2.1 Схема перебігу процесу зброджування біомаси

Метанове бродіння – процес розкладу складних органічних речовин мікроорганізмами в анаеробних умовах. Суть метаногенезу полягає в тому, що органічні речовини розкладаються поступово діючими мікроорганізмами - анаеробними бактеріями. Бродіння проходить у декілька стадій, протягом яких спочатку бактерії-гідролітики, потім кислотогені та ацетогені мікроорганізми перетворюють складні полімерні сполуки в більш прості з'єднання – ацетат, метанол, водень, діоксид вуглецю, аміак, сірководень, які є субстратами для метаногенів [12].

Кінцевий етап, цього складного процесу здійснюють метаноутворюючі бактерії або метаногени. Кінцевим продуктом розпаду біомаси є утворення метану та діоксиду вуглецю.

Загальну схему утворення метану запропонував Баркер у 1956 році. Вона дає достатньо оглядове розуміння про дві фази цього процесу – кисле або водневе бродіння та лужне або метанове бродіння. Більш широке розповсюдження набула схема Маккарті, яка являє собою трьохстадійний процес анаеробної ферментації органічних речовин за участі трьох фізіологічних груп бактерій [13].

На першій стадії білки, ліпіди та полісахариди під дією obligatних анаеробів гідролізуються з утворенням органічних кислот (масляної, пропіонової, молочної). Одночасно під дією мікроорганізмів відбувається гідроліз моносахаридів, органічних кислот та спиртів. В результаті утворюється водень, аміак, спирти і деякі інші з'єднання [14].

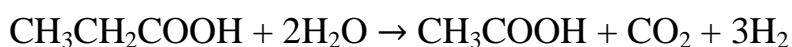
					КББЕ.БЕ6114.МД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2 ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ		
Розроб.		Літвінець Н.С.					
Конс.		Козар М.Ю.					
Керів.		Козар М.Ю.					
Затверд.							
					Стадія	Арк.	Аркушів
						18	73
					КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ		

Утворення енергії відбувається вже на другій стадії, яка здійснюється ацетогенними мікроорганізмами. На цій стадії бактерії, перетворюють органічні кислоти в оцтову кислоту, водень, діоксид вуглецю. Ацетогенна стадія здійснюється двома групами ацетогенних бактерій. Одні утворюють оцтову кислоту з подальшим виділенням водню з продуктів попередньої стадії кислотогенезу [13].

Реакції відбуваються за наступними рівняннями:

1) гідроліз органічних кислот:

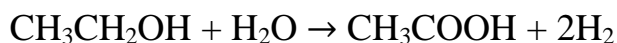
- пропіонової:



- масляної:



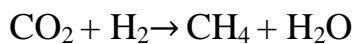
2) гідроліз спиртів (етанолу):



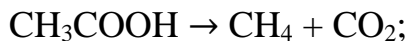
Інші утворюють оцтову кислоту шляхом використання водню для відновлення CO_2 .



Отже, на ацетогенній стадії бродіння утворюються основні безпосередні попередники метану: ацетат, водень, вуглекислота. Остаточне бактеріальне перетворення органічних речовин в CO_2 і CH_4 здійснюється на четвертому етапі процесу (метанове бродіння) [8]. Метаногени використовують водень для відновлення CO_2 до CH_4 :



та розщеплюють оцтову кислоту до CO_2 та CH_4 :



При першій реакції утворюється близько 30% метану, а при другій – 70%.

Загальна схема перетворення органічних речовин в метан представлена на рис 2.1. Ключовою реакцією, яка визначає швидкість усього процесу, є реакція перетворення ацетату в метан. Весь цей складний комплекс перетворень здійснює велика кількість мікроорганізмів, серед яких переважають бактерії [7].

					КББЕ.БЕ6114.МД	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

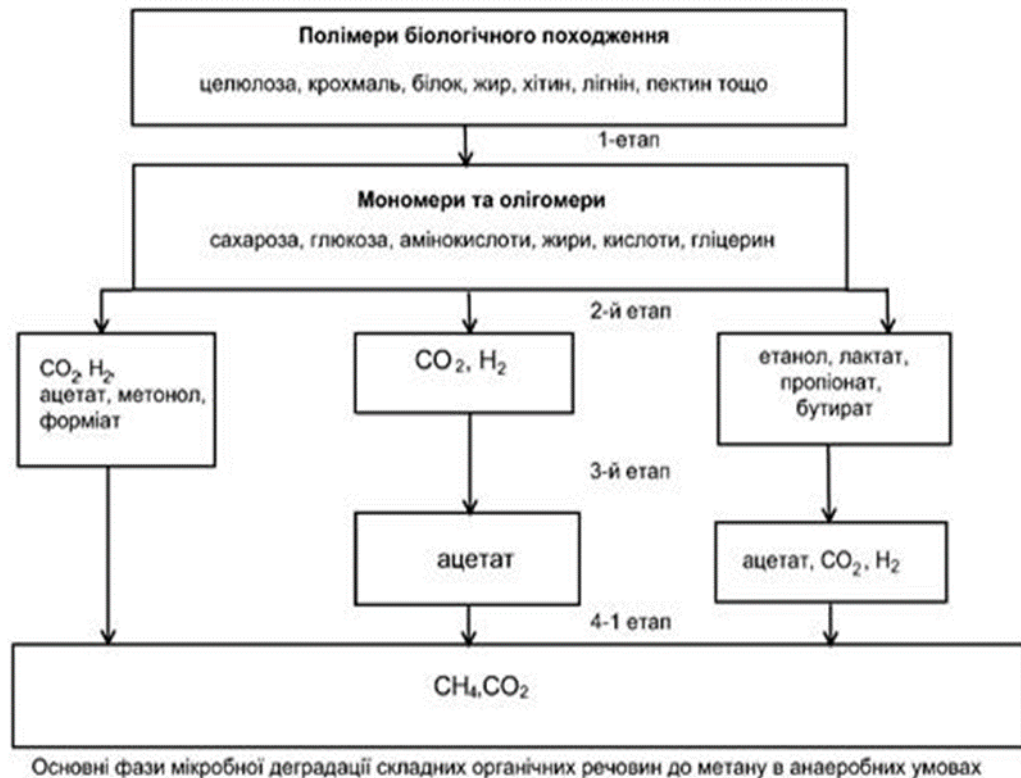


Рис. 2.1. Схема процесу метанового бродіння [12]

2.2 Особливості процесу метанового бродіння

Швидкість окисно-відновних реакцій, протікаючих в процесі метанового бродіння, визначається багатьма факторами.

Для початку процесу зброджування потрібно забезпечити такі умови:

- дотримання температурного режиму;
- наявність поживних речовин для бактерій;
- дотримання рН;
- вибір терміну тривалості зброджування і своєчасне завантаження і вивантаження сировини;
- регулярне перемішування;
- забезпечення достатньої вологості сировини;
- відсутність інгібіторів процесу.

Вплив температурного режиму

Температура має значний вплив на процес метанового бродіння в реакторі і в значній мірі визначає швидкість процесу і продуктивність промислових установок. В метановому бродінні виділяють три температурних режими життєдіяльності бактерій: психофільний (20-25 °C), мезофільний (25-40°C) і термофільну (понад 40 °C) [17].

Кожен температурний режим має свої переваги та недоліки. Ступінь мікробіологічного продукування метану росте зі збільшенням температури. Проте, кількість вільного аміаку теж збільшується з ростом температури, що призводить до сповільнення процесу зброджування. Основною перевагою термофільного режиму є висока швидкість розкладу сировини. З підвищенням температури збільшується швидкість біохімічних реакцій [16]. Окрім цього, в термофільному процесі досягається більш високий вихід біогазу, через більш глибокий розпад органічних речовин та одночасному знезаражуванні, що дає можливість використовувати зброджену масу як добрива.

В той же час підтримання термофільного режиму потребує більших затрат енергії, він менш стабільний, ніж мезофільний, а вміст метану в біогазі менший.

В мезофільному процесі зброджування зберігається високий амінокислотний склад добрив, але знезараження сировини не таке повне. Установки, які працюють в мезофільному режимі більш розповсюджені, так як в такому температурному режимі досягаються відносно більші об'єми виходу метану, а також процес зброджування проходить більш стабільно [11].

При використанні психофільного режиму зброджування немає необхідності в нагріванні субстрату або реактора, проте продуктивність розкладання та об'єм біогазу є незначним, тому ці установки вважаються не рентабельними.

Проте для стабільності технологічного процесу важлива не так абсолютна температура, сталість температури та її плавний перехід. Так як організмам, в першу чергу, шкодить швидка зміна температури, і навпаки, метаногенні

					КББЕ.БЕ6114.МД	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроорганізми можуть, у випадку повільного підняття температури, підлаштовуватись до різних температурних режимів.

Вибір температурного режиму ферментації залежить від поставлених цілей, складу відходів і технологічних параметрів процесу [3].

Наявність поживних речовин для бактерій

Для стабільності процесу необхідно врівноважене співвідношення макро- та мікроелементів. Другим за кількістю після карбону для життєдіяльності є азот. Він потрібен для утворення ензимів, які проводять обмін речовин. Тому дуже важливе співвідношення C/N у субстраті, якщо це співвідношення занадто маленьке, як наслідок вуглець не може повністю перероблятися, тому не можна отримати максимально можливий вихід метану. В іншому випадку через надлишок азоту може утворитись надлишок аміаку, який навіть у незначних концентраціях здатен сповільнити ріст бактерій і може навіть привезти до гибелі цілої популяції. Тому для забезпечення стабільності процесу співвідношення C/N повинно знаходитись в діапазоні від 10 до 30 [11].

На рівні з азотом та вуглецем важливими живильними елементами є сірка та фосфор. Сірка входить до складу амінокислот, а фосфорні з'єднання необхідні для утворення АТФ та НАДФ. Співвідношення C:N:P:S в реакторі повинно складати 600:15:5:3 для достатнього забезпечення мікроорганізмів живильними речовинами.

Окрім макроелементів для мікроорганізмів потрібна достатня кількість мікроелементів. Метаногенам необхідні кобальт, нікель, молібден та селен, які слугують кофакторами в незамінних реакціях обміну речовин. Крім цих елементів, важливими також є магній, залізо та марганець, які необхідні для транспорту електронів та функціонування визначених ензимів [3].

pH середовища

					КББЕ.БЕ6114.МД	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метанпродукуючі бактерії краще всього пристосовані для існування при рН від 6,0 до 8,5. При стабільній роботі реактора рН середовища природньо підтримується на оптимальному рівні за рахунок взаємного збалансування процесів утворення летучих жирних кислот і їх подальшого перетворення в метан [18].

Вибір терміну тривалості зброджування і своєчасне завантаження і вивантаження сировини

Добова доза завантаження сировини визначається часом обороту реактора і збільшується зі збільшенням температури в реакторі. Величина дози загрузки є технологічним розрахунком параметрів метантенку.

При виборі максимальної дози загрузки по об'єму варто мати на увазі, що добовий метанових бактерій при вивантаженні осаду з метантенку не повинна перевищувати добового приросту мікрофлори [20].

Інтенсивність перемішування

Система перемішування в біореакторі слугує для забезпечення однорідності умов в апараті, ефективної масопередачі між субстратом, клітинами мікроорганізмів та бульбашками газу. Її використання дозволяє попередити утворення кірки на поверхні субстрату, випадіння осаду та інтенсифікації процесу бродіння.

Варто враховувати що, для правильного вибору змішувача реактора важливо знати параметри оптимального режиму перемішування – часу та частоти, при яких не відбувається порушення життєдіяльності метанових бактерій. Адже, мікроорганізми реагують на короткочасні зміни тиску середовища, яке виникає при високих швидкостях відносних зміщень шарів субстрату, навіть до розриву оболонок клітин бактерій. Крім того, занадто інтенсивне перемішування може приводити до порушення симбіотичних

					КББЕ.БЕ6114.МД	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

взаємодій між групами бактерій, які здійснюють зброджування і призводити до зменшення інтенсивності процесу [21].

Вологість

Безперешкодний обмін речовин в сировині є передумовою для високої активності бактерій. Це можливо тільки в тому випадку, коли в'язкість сировини допускає вільний рух бактерій і газових бульбашок між рідиною і твердими речовинами, що містяться в ній. У відходах сільськогосподарського виробництва є різні тверді частинки. При вологості 70 % в сировині міститься 30 % сухих речовин. Вологість сировини, що завантажується в реактор, повинна бути не менше 85 % в зимовий час і 92 % в літню пору року. Для досягнення оптимальної вологості сировини гній зазвичай розбавляють гарячою водою [7].

Відсутність інгібіторів процесу

Ряд речовин може виконувати інгібуючу дію на процес метанового бродіння. До речовин, які мають негативний вплив на життєдіяльність мікроорганізмів, відносять важкі метали та їх солі, лужні та лужноземельні метали, аміак, нутрати, сульфіді, органічні розчинники, антибіотики, дезинфіканти.

Токсичність речовин залежить від адаптації до них культури. Якщо концентрація потенційно токсичних речовин зростає повільно, то багато мікроорганізмів здатні мобілізувати свої метаболіти, зменшуючи негативний вплив токсичних речовин [22].

В таблиці 2.2.1. наведено гранично допустимі концентрації деяких інгібіторів в субстраті

Таблиця 2.2.1. ГДК інгібіторів в гнойовій біомасі [3]

					КББЕ.БЕ6114.МД	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інгібітори	ГДК в гнойовій біомасі, мг/л
Амоній сірчаноокислий	5
Свинець	50
Ацетон	800
Ціаністі з'єднання	30
Спирт	100
Метанол	500
Бензол	200

2.3. Особливості технологічного процесу

Необхідною передумовою ефективної роботи установок метанового бродіння є правильний вибір параметрів технологічного процесу, при якому умови існування різних груп мікроорганізмів в біореакторі були б максимально сприятливими [22].

Принципова відмінність в методах роботи біогазових установок полягає:

- в способі подачі;
- за типом змішування ;
- одно- або багатоступенева система;
- по консистенції субстрату .

За способом подачі сировини в метантенк розрізняють метод порціонної подачі та проточний метод. За проточним методом працюють майже всі біогазові установки. В проточній системі субстрат завантажується в метантенк постійно або через визначені проміжки часу, з видаленням відповідного об'єму збродженої маси. При забезпеченні стабільного технологічного режиму зброджування можна досягнути максимального для даних умов виходу біогазу [3].

Для методу порціонної подачі характерно наповнення бродильної камери за один прийому. Порція зброджується до кінця заданого для цього часу,

					КББЕ.БЕ6114.МД	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

протягом якого субстрат не видаляється та не додається. Проте при маленьких об'ємах реактора можливе нерівномірне продукування біогазу [7].

Перемішування субстрату в метантенку є одним з найважливіших умов ефективного зброджування. Воно може здійснюватись за допомогою механічних, гідравлічних та пневматичних приладів.

При механічному перемішуванні використовуються різні мішалки – пропелерні, лопастні та турбінні. Для в'язких рідин такого роду мішалки можна використовувати лише в метантенках з маленьким об'ємом, в іншому випадку різко зростає витрата енергії, знижується ефективність енергії.

Гідравлічне перемішування може бути використане як для великих метантенків, так і для метантенків малого об'єму. Висока ефективність гідравлічного перемішування досягається при використанні обертового сопла, через яке струмені рідини розбризкуються по всьому об'єму камери.

Доволі ефективним перемішування вмісту реактора за допомогою продукційного біогазу. Проте цей метод потребує великих витрат енергії на компресування газу [23].

Бродіння субстрату може здійснюватись з використанням одно- або багатоступінчастого методу ведення процесу. В одноступінчастому методі процес бродіння проходить в одному єдиному реакторі в три етапи. При використанні системи повного перемішування ці етапи в часі і просторі відбуваються паралельно, в установках, які працюють в періодичному режимі роботи ці процеси відбуваються послідовно в часі один за іншим [24].

В багатоступінчастому методі бродіння різні етапи процесу намагаються розділити по різних камерах або за допомогою відділень в метантенку.

При описі умов середовища потрібно враховувати особливості субстрату, що знаходиться в реакторі. Їх можна розділити на «мокру» та «суху» ферментацію. Вони розділяються за вмістом сухої речовини у реакторі. При наявності сухої речовини у реакторі близько 12%, то її можна віднести до «мочної» ферментації, тому що вміст реактора ще можна перекачувати насосами. Якщо вміст сухої речовини в реакторі зростає до 15%, матеріал більше

					КББЕ.БЕ6114.МД	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перекачувати насосами не можна, і в цьому випадку процес називають «сухою» ферментацією. Установками по бродінню твердих субстратів є такі установки, в яких субстрат подається в штабельованому вигляді в ферментер, де і проходить процес бродіння без подальшого його переміщення. Просочений бродильною рідиною субстрат перебуває в резервуарі протягом усього часу бродіння і по закінченню процесу в такому ж вигляді без додаткових маніпуляцій (наприклад сепарування) вилучається з ферментатора. Проте в більшості біогазових установок на практиці використовується саме метод «микрої» ферментації [7].

					КББЕ.БЕ6114.МД	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Сировина та матеріали

В таблиці 3.1 представлені основні вимоги та характеристики для отримання біогазу з відходів великої рогатої худоби.

Таблиця 3.1 Характеристика сировини та матеріалів для отримання біогазу з відходів ВРХ

Найменування	Категорія та номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Показники, що є обов'язковими для перевірки та їх нормативне значення	Примітка
Основна сировина			
1.1. Гній свиней	ДСТУ Р 53765-2009	-	Вид біомаси, відповідно підготовленої до зброджування механічним оброблянням та іншими способами (підігріванням, внесенням води, бактерій та інших складників), яку безпосередньо подають до біореактора
Допоміжна сировина			
2.1. Вода технічна	ДержСанПін 2.2.3.-171-10	Температура, запах, завислі речовини, колір, жорсткість, рН	-
2.2 Зброджена маса	ДСТУ 4701-2006	-	Перетворений після анаеробного метанового зброджування субстрат відведений з біореактора.
Матеріали			
3.1. Мішки для біодобрива	ДСТУ 770-2005	-	-

					КББЕ.БЕ0114.МД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Литвінець Н.С.			Розділ 3 Технологічна частина		
Конс.		Козар М.Ю.					
Керів.		Козар М.Ю.					
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
					Стадія	Арк.	Аркушів
						27	73

3.2 Опис технологічного процесу

ДР1. Підготовка обладнання

ДР1.1.Перевірка обладнання на герметичність

Перевірка обладнання на герметичність здійснюється за допомогою нагнітання повітря під надлишковим тиском з метою виявлення порушень герметичності конструкції і придатності до подальшого використання в процесі.

ДР1.2 Підготовка технічного повітря

Проводиться очищення повітря від пилу та інших механічних включень. Спочатку відбувається забір повітря з атмосфери за допомогою труб, в подальшому повітря фільтрується через фільтр попередньої очистки, де очищується від механічних часток. Фільтрувальним матеріалом виступає тканина з максимальним діаметром часток, що затримуються 1,5 мкм, що забезпечує ефективне очищення. Повітря в подальшому подається на стадію ТП4.

ДР 1.3 Миття обладнання

Перед запуском обладнання після ремонту або при впровадженні в експлуатацію необхідно провести миття обладнання. Миття здійснюють розчином лугу 1%, упродовж 10 хвилин при 40°C, з поверненням (рецикл) розчину в збірник нейтралізації. Після чого обладнання ополіскують водою.

ДР 2 Підготовка гнойової біомаси до метанового збродування

На цьому етапі відбувається підготовка відходів ВРХ для їх утилізації шляхом метанового бродіння.

ДР 2.1. Накопичення біомаси

На цьому етапі відбувається видалення гною з ферми та транспортування до накопичувача.

ДР 2.2. Підігрів субстрату для збродування

Підігрів відбувається у збірниках, вмісність яких визначається дозою разової або добової загрузки. Підігрів вихідної сировини до температури

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

бродіння може здійснюватись різними теплоносіями, по типу трубчастих водяних теплообмінників, які є найбільш розповсюдженими. Температура теплоносія в міжтрубному просторі повинна бути не вище 45 ± 5 °C. Біомасу підігрівають до температури бродіння [22].

ТП 3 Метанове зброджування

За допомогою насоса-дозатора підігрітий субстрат подається в метантенк з мішалкою відповідно до обраної дози. Зброджування відбувається у мезофільному режимі. В реакторі підтримується температура на рівні 40 ± 5 °C та pH=6,5-7,5. Отриманий біогаз направляється на стадію ТП 4, а заброджений субстрат на ТП 7. Перемішування субстрату в метантенку здійснюється пропелерною мішалкою. У процесі зброджування в газовій порожнині реактора постійно підтримується невисокий надлишковий тиск, що інтенсифікує процес газогенерації, сприяє мікроперемішуванню й боротьбі з кіркоутворенням [8].

Зброджування відбувається в періодичному режимі з використанням декількох метантенків. Вони розташовані таким чином, що поки в одному з них йде зброджування, другий знаходиться під загрузкою, або в стадії розгрузки. У якості додаткового теплоносія може виступати конденсована вода з стадії ТП 5.1.

ТП 4 Накопичення біогазу в газгольдері

Біогаз, що утворився компресором нагнітається в газгольдер середнього тиску, де біогаз зберігається за тиску 10 кПа, після чого подається на стадію очистки ТП 5. Відведення біогазу відбувається за допомогою надлишкового тиску в об'ємі газгольдера, для цього туди подається повітря зі стадії ДР.1.2.

ТП 5 Збір, очистка та зберігання біогазу

ТП 5.1 Видалення вологи

Біогаз, що надходить з газгольдера проходить через систему труб, які знаходяться під землею, на глибині 1 м під визначеним кутом. За рахунок

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

різниці температур, волога конденсується і відводиться у резервуар відферментованого субстрату. Конденсат направляється до стадії ТП 3.

ТП 5.2 Очистка біогазу від сірководню

Найбільш простим і економічним способом очищення біогазу від сірководню є суха очистка в спеціальному фільтрі за стандартною технологією [25].

ТП 5.3. Зберігання у газгольдері

Очищений газ компресором надходить до газгольдера, тиск в якому становить 0.5 МПа, біогаз в газгольдерах зберігається орієнтовно добу.

ТП 6 Одержання електроенергії та тепла

Біогаз спалюють у блочній теплоелектростанції. Пара, що утворюється, надходить у теплообмінники реактора підтримуючи температуру субстрату, або на побутові потреби. Електроенергія подається в мережу.

ПВ 7 Обробка та зберігання відпрацьованого субстрату

ПВ 7.1 Розділення відферментованого субстрату на фракції

Після метантенку зброджений субстрат подається в збірник, після чого подається у вузол розділення збродженої маси. На виході з сепаратора отримують рідке мінеральне добриво та компост.

ПВ 7.2 Пакування та маркування біодобрива. Мінеральне добриво зі стадії ПВ 7.1 пакують в мішки зі складу по 25 кг. Відправляють споживачеві або використовують для власних потреб. Рідке добриво використовують для поливу.

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3.3 Контроль виробництва

Для забезпечення відповідності продукції вимогам НТД на підприємствах здійснюється постійний контроль процесів. Розглянемо необхідні параметри контролю виробництва у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Точки та параметри контролю виробництва біогазу

Назва стадії, процесу, місце заміру	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Методи контролю	Метод контролю параметра, тип приладу
ДР1.1.Перевірка обладнання на герметичність	Герметичність, надійність	Безперервно, під час кожного запуску	Повна герметичність та відповідність технічним характеристикам	Автоматично	Автоматично, згідно показів датчиків
ДР1.2 Підготовка технічного повітря	Температура, тиск	Постійно	$p=6\text{кПа}$, $20^{\circ}\text{C}-40^{\circ}\text{C}$	K_T	Згідно показів датчиків, ТСМ Термометр. Межа вимірювання – 20 - 100 оС. Точність ± 2 оС. Манометр електроконтактний ЭКМ-1 У ДСТУ 2405– 94
ДР 1.3 Миття обладнання	Температура розчину	Вимірюється під час операції	$T=40^{\circ}\text{C}$	K_T ,	Згідно показників датчиків, ТСМ Термометр. Межа вимірювання – 20 - 100 оС. Точність ± 2 оС.
ДР2 Підігрів сировини	Температура, рівень заповнення збірника, рН	Безперервно	$T=45\pm 5^{\circ}\text{C}$, $pH=4,5-6$	K_T	Згідно показників датчиків, рН-101П Датчик рН з вимірювальним перетворювачем. Діапазон вимірювання рН – 0 – 14, ТСМ Термометр. Межа вимірювання – 20 - 100 оС. Точність ± 2 оС.
ТПЗ Метанове зброджування	Температура, рН, рівень заповнення збірника	Постійно	$pH=6,5-7,5$, $T=43^{\circ}\text{C}$	K_T	рН-101П Датчик рН з вимірювальним перетворювачем. Діапазон вимірювання рН – 0 – 14. ТСМ Термометр. Межа

					вимірювання – 20 - 100 °С. Точність ± 2 °С. Рівнемір СУС–13–ПП–040М– 2 ТУ 25–02– 08–1991–83.
ТП4 Накопичення біогазу в газгольдері	Тиск у газгольдері	Постійно	10кПа	К _т	Манометр електроконтактний ЭКМ–1 У ДСТУ 2405– 94
ТП5 Збір, очистка та зберігання біогазу	Концентрація, тиск, температура води	Постійно	T=10°C, p=1,3МПа, C<0,2г/м ³	К _т , К _х	Манометр електроконтактний ЭКМ–1 У ДСТУ 2405– 94. Газоаналізатор ГАСК4000Е
ТП6 Одержання електроенергії та тепла	Потужність	Постійно	30-35 кВт	К _т	Вольтметр Ватметр лічильник Енергії HiDANCE 3680 W Термометр. Межа вимірювання – 20 - 100 °С. Точність ± 2 °С.,
ПВ7 Обробка та зберігання відпрацьованого субстрату	Маса, вологість, температура	Постійно	T=20°C, вологість не більше 12%	К _т , К _х	Ваги HRPUE 7.1 “Radwag”, Термометр.

3.4 Матеріальний баланс

Матеріальний баланс технологічного процесу наведен в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Матеріальний баланс виробництва біогазу

Стадія	Використано				Отримано			
	Назва сировини, матеріалів, напівпродуктів	Кількість			Назва кінцевого продукту чи напівпродукту, відходів і витрат	Кількість		
		м ³	шт	кг		м ³	шт	кг
ТПЗ	Субстрат для зброджування			517600	Неочищений біогаз	1415,38		1507,45
	Вода водопровідна			46389	Зброджений залишок			8280
					Рідка фракція відходів			555709
	Всього			563989	Всього			563989
ТП5	Неочищений біогаз	1415,3		1507,45	Очищений біогаз	1038,66		1110,16
					Домішки (CO ₂ , O ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂ , H ₂ S)	376,72		397,24

	Всього	1415, 3		1507,4 5	Всього			
ТП7	Зброджени й залишок			23498	Компост			19477
	Рідка фракція відходів			54050 0	Рідке мінеральне добриво			544,49 2
	Всього			56396 9	Всього			56396 9

РОЗДІЛ 4 ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

Вихідні данні для розрахунку: загальне поголів'я ВРХ складає 2000 голів, з них ВРХ складають 800 голів, 600 голів телят 0-6 місяців, 600 нетелів. Велика рогата худоба утримується без підстилки, спосіб утилізації відходів – гідрозмив.

Розрахунок добового та річного виходу гнойової біомаси

Добовий вихід безпідстилкового гною визначається за формулою:

$$Q_{\Gamma} = (M_{EJ} + BJ) \frac{nJ}{1000}, \quad (4.1)$$

де Q_{Γ} - добовий вихід гною, т, M_{EJ} - добова маса екскрементів від однієї голови, кг (табл.1) [27], BJ – добова кількість води, яка потрапляє в систему гноєвидалення, кг, nJ - поголів'я тварин чи птиці виробничої групи, що одночасно утримується на фермі чи комплексі, гол.

Добова кількість води (BJ), яка потрапляє в систему гноєвидалення, розраховується за формулою:

$$BJ = KM_{EJ} \quad (4.2)$$

де K –коефіцієнт (приймають за табл.2) [27] .

Розраховуємо BJ для кожного виду ВРХ;

$$BJ_{\text{корови}} = 7 \cdot 55 = 385$$

$$BJ_{\text{телята 0-6 місяців}} = 7 \cdot 7,5 = 52,5$$

$$BJ_{\text{нетелі}} = 7 \cdot 27 = 189$$

Для корів добовий вихід гною становить :

$$Q_{\Gamma 1} = (55 + 385) \frac{800}{1000} = 352 \text{ т}$$

Для телят віком від 0-6 місяців добовий вихід гною становить:

$$Q_{\Gamma 2} = (7.5 + 52,5)0,6 = 36 \text{ т}$$

Для нетелів добовий вихід гною становить:

					КББЕ.БЕ0114.МД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Літвінець Н.С.			Розділ 4 Вибір і характеристика обладнання	Стадія	Арк.
Конс.		Козар М.Ю.					
						35	73
Керів.		Козар М.Ю.				КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							

$$Q_{гз} = (27 + 189)0,6 = 129,6 \text{ т}$$

Загальний вихід гною з ферми:

$$Q_{г\text{доб}} = 352 + 36 + 129,6 = 517,6 \text{ т} \quad (4.3)$$

Річний вихід гнойової маси розраховується за формулою:

$$Q_{г\text{річний}} = Q_{г\text{доб}} \cdot t = 517,6 \cdot 365 = 188924 \text{ т} \quad (4.4)$$

Де: t – кількість діб у році (365).

Параметри біомаси, що впливають на вихід біогазу

Відносна вологість гною за безпідстилкового утримання:

$$W_{г} = \frac{W_E + 100Z}{1 + Z} = \frac{87 + 100 \cdot 7}{1 + 7} = 98,4\% \quad (4.5)$$

де W_E – відносна вологість екскрементів, %;

Z – показник кількості води у системі гноєвидалення, для гідрозмиву $Z=7,0-8,0$.

Вміст сухої речовини визначається розрахунковим методом за формулою:

$$P_{a.c.p.,\text{доб.}} = \frac{Q_{г} \cdot (100 - W_{г})}{100} = \frac{517,6 \cdot (100 - 98,4)}{100} = 8,28 \text{ т} \quad (4.6)$$

де: $P_{a.c.p.}$ – вміст абсолютно сухої речовини в гнойовій біомасі, т; $Q_{г}$ – добовий вихід гною з ферми (добовий або річний), т; $W_{г}$ – відносна вологість гною, який виходить з ферми, %.

За рік:

$$P_{a.c.p.,\text{річ}} = \frac{188924 \cdot (100 - 98,4)}{100} = 3022,78 \text{ т}$$

Кількість органічної речовини в гнійній біомасі, яку одержують від тварин за добу та за рік, визначається за формулою:

$$Q_p = P_{a.c.p.} \cdot 0,8, \text{ т (кг)} \quad (4.7)$$

За добу:

$$Q_p = 8,28 \cdot 0,8 = 6,62 \text{ т}$$

За рік:

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_p = 3022,78 \cdot 0,8 = 2418,22 \text{ т}$$

Визначення параметрів системи анаеробного зброджування

Добова продуктивність реактора, або його пропускна здатність щодо вихідного гною визначається за кількістю вихідної гнойової біомаси за формулою:

$$G_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{Г.річн}}}{t_{\text{річн}} - t_3} = \frac{188924}{365 - 30} = 563,96 \text{ т/доб} \quad (4.8)$$

де $G_{\text{доб}}$ – добова продуктивність щодо вихідного гною, т/добу;

$Q_{\text{Г.річн}}$ – річна кількість гною на фермі, т;

$t_{\text{річн}}$ – кількість діб у році (365);

t_3 – тривалість випуску й обслуговування реактора (близько 30 діб).

Добовий обсяг завантаження метантенка дорівнює добовому виходу з ферми гною і розраховується за формулою:

$$Q_{\text{доб}} = \frac{W_{\text{Г}}^2 \cdot Q_{\text{Г.доб}}}{W_{\text{Г}}^1 \cdot q_{\text{Г}}} = \frac{92 \cdot 517,6}{98,4 \cdot 1,04} = 465,32 \text{ м}^3 \quad (4.9)$$

де $Q_{\text{доб}}$ – добовий обсяг завантаження метантенка, м³;

$W_{\text{Г}}^1$ – відносна вологість гною, який виходить із ферми, %;

$W_{\text{Г}}^2$ – відносна оптимальна вологість гною (88-92%);

$Q_{\text{Г.доб}}$ – добовий вихід гною на фермі;

$q_{\text{Г}}$ – питома вага 1 м³ гною за певної оптимальної вологості (1 м³ відповідає 1060 кг гною вологістю 90%).

Об'єм бродильної камери визначається за формулою:

$$V_K = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot 100}{pq} = \frac{465,32 \cdot 100}{7 \cdot 0,9} = 7386,03 \text{ м}^3 \quad (4.10)$$

де V_K – місткість бродильної камери, м³;

$Q_{\text{доб}}$ – добовий обсяг завантаження метантенка, м³;

p – добова доза завантаження (для мезофільного процесу – 7%);

q – коефіцієнт заповнення камери (0,8-0,95) [27].

Для зброджування приймаємо два метантенка з такими характеристиками (типовий проект №902-2-227) [26] :

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Об'єм – 4000 м³;
- Діаметр – 30 м;
- Висота верхнього конуса – 2,9 м;
- Циліндричної частини – 10,6;
- Нижнього конуса – 3,5.

Визначення кількості біогазу та залишкових продуктів.

Добовий та річний вихід біогазу розраховується з урахуванням вмісту в сировині сухої або органічної речовини:

За добу:

$$V_{\Gamma} = \frac{P_{a.c.p.} \cdot Z}{100 \cdot K \cdot \nu} = \frac{8,28 \cdot 30}{100 \cdot 1,5 \cdot 0,00117} = 1415,38 \text{ м}^3 \quad (4.11)$$

де V_{Γ} – добовий або річний вихід біогазу, м³;

$P_{a.c.p.}$ – добова або річна кількість сухої речовини, т (кг);

Z – стан розкладання органічної речовини, % (30%);

K – коефіцієнт розчинності біогазу (1,1-1,5);

ν – питома вага біогазу (при вмісті за об'ємом 65% метану, 35% вуглекислого газу становить 0,00117 т/м³ або 1,17 кг/м³).

Обираємо три газгольдери з такими показниками (типовий проект №7-07-03/56) [26] :

- Об'єм – 600 м³;
- Діаметр резервуара – 11480 мм;
- Висота – 15400 мм.

За рік:

$$V_{\Gamma} = \frac{3022,78 \cdot 30}{100 \cdot 1,5 \cdot 0,00117} = 516714,53 \text{ м}^3$$

За добу:

$$V_{\Gamma} = P_{a.c.p.} \cdot K \cdot \rho = 8280 \cdot 30 \cdot 0,5 = 124200 \text{ м}^3 \quad (4.12)$$

де V_{Γ} – добовий або річний вихід біогазу, м³;

$P_{a.c.p.}$ – добова або річна кількість сухої речовини, кг;

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ρ – вихід біогазу з 1 кг органічної речовини (для гною ВРХ 0,2-0,5 м³);

K – коефіцієнт зброджування органічної речовини.

За рік:

$$V_r = 3022780 \cdot 30 \cdot 0,5 = 45341700 \text{ м}^3$$

Річний вихід твердої фракції визначається за формулою:

$$M_{\text{ш.річн.}} = Q_{\text{г.річн.}} \cdot \frac{W_q - W_r}{W_q - W_{\text{ш}}} = 188924 \cdot \frac{99 - 98,5}{99 - 87} = 7871,83 \text{ т} \quad (4.13)$$

де $M_{\text{ш.річн.}}$ – річна маса утворюваного шламу, т;

$Q_{\text{г.річн.}}$ – річний вихід гною, т;

W_q – вологість рідкої фракції, % (98-99%);

W_r – вологість гною, що завантажується, %;

$W_{\text{ш}}$ – вологість шламу, % (87%).

Відносний вихід шламу:

$$M_{\text{ш.річн.}} = \frac{M_{\text{ш.річн.}} \cdot 100}{Q_{\text{г.річн.}}} = \frac{7871,83 \cdot 100}{188924} = 4,16 \% \quad (4.14)$$

Добовий вихід шламу:

$$M_{\text{ш.доб}} = \frac{M_{\text{ш.річн.}}}{335} = \frac{7871,83}{335} = 23498 \text{ т} \quad (4.15)$$

Рідка фракція містить значну кількість поживних речовин, та може використовуватись як рідке органічне добриво.

Річний вихід рідкої фракції визначається за формулою:

$$M_{q.\text{річн.}} = Q_{\text{г.річн.}} \cdot \frac{W_r - W_{\text{ш}}}{W_q - W_{\text{ш}}} = 188924 \cdot \frac{98,5 - 87}{99 - 87} = 181052,167 \text{ т} \quad (4.16)$$

Відносна кількість рідкої фракції:

$$M_{q.\text{річн.}} = \frac{M_{q.\text{річн.}} \cdot 100}{Q_{\text{г.річн.}}} = \frac{181052,167 \cdot 100}{188924} = 95,8\% \quad (4.17)$$

Добовий вихід рідкої фракції (т) визначається за формулою:

$$M_{q.\text{доб}} = \frac{M_{q.\text{річн.}}}{335} = \frac{181052,167}{335} = 540,5 \text{ т} \quad (4.18)$$

РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

1. Бізнес-ідеєю є спосіб отримання біогазу з відходів тваринництва. Спосіб отримання біогазу з відходів тваринництва включає зброджування гнойової біомаси з отриманням біогазу та добрив.

Субстрат зброджують в метантенку з отриманням біогазу, який подають на очистку газу від домішок, до видалення лишньої вологи та сірководню. Отриманий газ подається в мережу а пара надходить у теплообмінники реактора для підігрівання субстрату. Отриману зброджену біомасу подають у збірник, а потім у вузол розділення біомаси. На виході із сепаратора отримують рідке та тверде мінеральне добриво, яке потім йде на продаж [25].

Мета стартапу – винахід, який дозволяє використовувати гнойову біомасу для зброджування та отримання біогазу та знизити затрати на його виробництво.

Стартап відноситься до критерію – місце товару у міжнародній класифікації товарів (B2B або B2C) [25].

Таблиця 5.1 - Запланований обсяг продукції

		Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Запланований обсяг		3,78	3,77	3,78	3,79	3,79	3,81	3,82	3,83	3,80	3,77	3,76	3,75
	млн	млн	млн	млн	млн	млн	млн	млн	млн	млн	млн	млн	млн
	м³	м³	м³	м³	м³	м³	м³	м³	м³	м³	м³	м³	м³

					КББЕ.БЕ0114.МД			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 5 Розробка стартап-проєкту	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Літвінець Н.С.						
Конс.		Тюленєва Ю.В.					40	73
						КПІ ім. Ізгоря Сікорського,ФБТ		
Керів.		Козар М.Ю.						
Затверд.								

Таблиця 5.2 – Резюме стартап-проекту [25]

Показник	Характеристика
Ідея після коригування споживачами	Залишається без змін
Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	Рішення проблеми дозволяє отримати екологічний вид палива та знизити затрати на його виробництво. Це дозволяє нам отримати чистий біометан. Захист навколишнього середовища шляхом утилізації відходів тваринництва
Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	Метан 010394 клас – 1 Мінеральне добриво 010710 клас – 1 Хімічні продукти
Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Експлуатація, переробка, виробництво
Гранична корисність ідеї стартапу	Екологічність
Бізнес-модель стартапу	Класична
Прототипи ідеї (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться)	Отримання біогазу з відходів тваринництва
Аналоги ідеї (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться)	Існують, працюючі підприємства
Конкуренти вітчизняні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Існують. Працюючі підприємства
Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Існують. Працюючі підприємства
Ключові фактори успіху стартапу	Збереження екології, зменшення відходів, природний газ
Споживачі (основні на етапі впровадження, групи, орієнтовна чисельність)	Юридичні, фізичні та приватні особи
Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	за добу підприємство утворює 124200 м ³ .
Споживачі на етапі розвитку	Власне виробництво, держава, фізичні особи, приватні підприємства
Споживачі на етапі зрілості	Продаж за «зеленим тарифом» - 3,68 грн/КВт*год
Конкурентна ціна на продукт стартапу	Мінімальна ціна 3,68 грн/КВт*год
Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	37%
Мінімальна кількість виробництва за методом точки беззбитковості	
Основні компоненти продукції стартапу (їх доля у готовому товарі, ступінь готовності компонентів у наявному виробництві)	Біометан
Потенційні постачальники складових компонентів розробки (виділити)	Хмельницька область, Шепетівський район, с.Малий Правутин,

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БЕ0114.МД

Арк.

41

вітчизняних і закордонних, плановий обсяг замовлень, наявна потужність постачальника)	Чернігівська область, Бахмацький район, с.Григорівка
Планове місце реалізації результату розробки (місце, планова доля реалізації продукту через це місце)	Львів, Львівська область Офіс – 25% Сайт – 75%
Наявність посередників при реалізації (так, ні, орієнтовні посередники, форми оплати їх діяльності)	Реклама
Методи просування результатів розробки на ринок	Пропаганда, реклама, стимулювання збуту

5.1. Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу [25]

Таблиця 5.3 – Аналіз загроз і можливостей зовнішнього середовища

Зовнішнє середовище	
<p>Економічний фактор:</p> <ul style="list-style-type: none"> - темп інфляції; - рівень економічного розвитку держави; - рівень доходів населення; 	<p>Можливості: ріст курсу, зріст цін на сировину, ціни на товари-аналоги імпортованих виробників зростають. При зростанні курсу долара зростають ціни на товари, які постачаються на експорт. Загрози: стає більш вигідним експорт, тоді стає менш вигідно продавати товари на внутрішньому ринку. Економічна нестабільність в країні являється загрозою для компанії.</p>
<p>Політичний фактор:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вектор міжнародної політики; - функціонуючі закони та нормативні акти; 	<p>Загрози: впливає на витрати, рівень чистого прибутку та інші параметри діяльності підприємства, впливає на умови конкуренції, рекламну діяльність. Зазвичай до політичних чинників відносять: політичну ситуацію в країні; стабільність; лояльність влади; протекціонізм в галузі; наявність адміністративних бар'єрів; систему охорони власності. При цьому слід враховувати такі важливі рушійні сили, як зміна суспільно-політичного ладу, спалахи релігійної нетерпимості і пожвавлення націоналізму. Не можна скидати з рахунків загрозу збройних конфліктів,</p>

	<p>різке скорочення імпорту або експорту, введення ембарго і різних торгових санкцій, розрахованих на економічне придушення.</p> <p>Можливості: для бізнесу це можливість отримати замовлення і фінансування на виробництво певних товарів, послуг.</p>
<p>Географічний фактор:</p> <ul style="list-style-type: none"> - географічне розташування підприємства; - рівень забезпечення енергоресурсами; - наявність природної монополії; 	<p>Загрози: до географічних чинників відносять: кліматичні умови виробництва, використання товарів, територіальне розташування, навколишнє оточення, наявність водних та інших ресурсів. Природно-географічні фактори негативно впливають на компанію, тому являються загрозою компанії, в випадку непередбачених обставин: повинь різних катаклізм - страждає економіка країни, наноситься значна моральна та матеріальна шкоди населенню. Компанія несе великі втрати</p>
<p>Технологічний фактор:</p> <ul style="list-style-type: none"> - контроль якості; - рівень потужності; - забезпечення ресурсами та сировиною; - виробничі потужності. 	<p>Можливості: підвищення ефективності виробництва і в результаті ефективність способів задоволення споживачів. З'являються нові технології, нові вироби, що безумовно, посилює конкуренцію.</p> <p>Для того, щоб організація була конкурентноспроможною, потрібно займатись збором, зберіганням і використанням інформації про інновації, які виникають в середовищі діяльності організації.</p>

Таблиця 5.4 — Ризики, які можуть виникнути під час діяльності та шляхи їх вирішення

Ризики	Суть ризику	Заходи усунення
Технологічний ризик	Виробничий брак	Підвищення кваліфікації персоналу, контроль якості та контроль технології виробництва

Інформаційний ризик	Реклама	Зміна способів та підходів до реклами
Економічний ризик	Зміна оподаткування. Поява конкурентів	- Вихід на міжнародний ринок
Техногенний фактор	Пожежна безпека на виробництві	Створення системи штрафів

Фактор	Переваги	Недоліки
Конкуренти	Постачання продукції вчасно і в замовленій ними кількості, висока якість продукції, гнучка система знижок	Погана інфраструктура, невдале розташування підприємства
Постачальник	Розташування постачальника, яке б мінімізувало витрати на транспортування і доставку, розумна ціна на електроенергію, постачання газу, висока якість сировини.	Недоліком буде неблагоприємне розташування постачальника, яке б мінімізувало витрати на транспортування і доставку, неадекватна ціна на електроенергію, постачання газу, низька якість сировини

Таблиця 5.5 – Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Таблиця 5.6– Аналіз зацікавлених сторін

Зацікавлена сторона	Вплив на її реалізацію проекту	Цікавість її проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проект
Суб'єкти внутрішнього середовища			
Виробник	5	2	10

Постачальник	10	10	100
Споживачі	7	11	77
Посередники	6	5	30
Суб'єкти зовнішнього середовища			
Політичні структури	4	3	12
Суб'єкт економічного середовища	9	3	27
Власники географічних об'єктів	8	7	56
Суб'єкти демографії	5	5	25
Суб'єкти культурного середовища	6	3	18
Суб'єкти НТП	8	1	8

Таблиця 5.7 – Переваги і недоліки внутрішнього середовища

Фактори	Переваги	Недоліки
Сировина	Доступність необхідної сировинної бази на території України;	Вкладення капіталу на побудову споруд;
Технологія	Дешевезна в обслуговуванні; Автоматизація виробництва; Вторинне використання відновлювальних речовин;	Чіткий регулярний контроль процесів;
Забезпеченість основними та оборотними засобами	Відсутність вітчизняних конкурентів.	Великі капіталовкладення

Таблиця 5.8– Оцінка характеристики за методом Шонфільда

Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристик	Оцінка характеристик		
		Наша продукції	Конкурент А	Конкурент Б

Ціна	0,2	5	4	4
Якість	0,2	4	5	3
Пакування	0,1	3	2	3
Екологічність	0,3	5	4	4
Дотрим.вимог норм. документ.	0,2	2	1	3

З урахуванням коефіцієнту вагомості характеристики визначається бальна оцінка характеристики для нашої продукції і для конкурентів [25].

Таблиця 5.9 – Оцінка характеристики для нашої продукції і для конкурентів

Характеристика	Бальна оцінка характеристики		
	Наша продукції	Конкурент А	Конкурент Б
Ціна	$0,4 \cdot 3 = 2$	$0,4 \cdot 4 = 1,6$	$0,4 \cdot 4 = 1,6$
Якість	$0,4 \cdot 4 = 1,6$	$0,4 \cdot 5 = 2$	$0,4 \cdot 3 = 1,2$
Пакування	$0,2 \cdot 3 = 0,6$	$0,2 \cdot 2 = 0,4$	$0,2 \cdot 3 = 0,6$
Екологічність	$0,5 \cdot 5 = 2,5$	$0,5 \cdot 4 = 2$	$0,5 \cdot 4 = 2$
Дотрим.вимог. норм. документації	$0,5 \cdot 2 = 1,0$	$0,5 \cdot 1 = 0,5$	$0,5 \cdot 3 = 1,5$

Відповідно до оптимальних результатів фактором переваги продукції нашого підприємства є біометан. За показником «екологічність» наша продукція не може конкурувати. За показником «дотримання вимог нормативної документації» у нашого підприємства тільки один конкурент Б.

Таким чином наше підприємство повинне зосередитись на утриманні екологічності. І за наявності можливостей, покращити «дотримання вимог нормативної документації».

Таблиця 5.10 – Класифікація потенційних споживачів

1. Юридична особа	
Критерій	Значення
Форма власності	Приватне, колективне, комунальне
КВЕД	Секція – Е Клас – 38,21
За потужністю	Середні, малі
За масштабом виробництва	Серійні, масові
За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільні
За ресурсами, що споживаються	Капіталомісткі, працемісткі
За чисельністю персоналу	Середні, малі
За сферою діяльності	Виробничі, посередницькі
За приналежністю капіталу і контролю	Національні
За географічним розташуванням	Україна
За віддаленістю органів управління	Національні
За характером господарської діяльності	Будівельні, транспортні
За рівнем технологічної цілісності	Провідні, філії

За долею іноземного капіталу	0%
За формуванням статутного капіталу	Унітарні, корпоративні
За організацією виробничих процесів	Безперервні
За роботою протягом року	Позасезонні
За географічним розташуванням на території України	Львів, Львівська область
За наявністю вільних ОБЗ (коштів)	
За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи	Обмеження відсутні
2. Фізична особа	
Вік	22-100
За сплатоспроможністю	1000-10000
За соціальним рівнем споживачів	Не впливає, середня, вище середньої
За способом життя (звички, традиції, стереотипи поведінки)	Соціально-стабільні
Тип особистості споживачів	Реаліст, геодоніст, традиціоналіст
За ставленням до товару	Екологічно чистий продукт, високий рівень інформативності
За сімейними цінностями	Повна сім'я, середня та вище середньої, ранній, наслідує традиції
За співвідношенням бажання придбати і цінової межі (співставити цифри парами «місячний дохід – вартість одиниці товару»)	90-100%
За інтенсивністю споживання товару	Постійне придбання
За інформованістю	Спеціальні джерела

Таблиця 5.11– Клієнт і його потреби

Категорія клієнтів	Потреби, які він задовольняє за допомогою Вашого продукту
Приватна особа та фізична особа	Задовільняє в основному потреби отримання електроенергії
Держава	Закупівля товару для енергопостачання
Підприємства	Закупівля товару для отримання електроенергії

Таблиця 5.12– Карта бізнес-процесів виконання стартап-проєкту

Стадія реалізації стартап проєкту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат

Розробка ідеї стартапу	Технологічна лінія	1 ос., комп'ютер, обладнання	1 місяць	15000 грн
	Розробка назви	1 ос., комп'ютер	2 дні	1000 грн
	Реклама	1 ос., комп'ютер	7 днів	1000 грн
Реалізація ідеї	Закупівля сировини	1 ос., комп'ютер	7 днів	65650 грн/рік
	Закупівля обладнання	1 ос., комп'ютер	До 30 днів	4646570
	Створення рекламної компанії	1 ос., комп'ютер	5 днів	3000 грн
	Доставка	1 ос., комп'ютер	5 днів	1000 грн
Впровадження у виробництво	Розробка технології виробництва	2 ос., комп'ютер, обладнання	10 днів	6000 грн
	Виробництво тестової партії	2 ос., виробниче обладнання	2 дні	1000 грн
	Вкл. обладнання у технологічну лінію	5 ос., виробниче обладнання	2-3 дні	2000 грн
	Випробування тестової партії	2 ос.	1 день	700 грн
Масова реалізація	Реалізація тестової партії	2 ос.	2-3 дні	2000 грн
	Виробництво поточних партій	2 ос., виробниче обладнання	14-20 днів	4000 грн
	Реалізація готової продукції	2 ос.	4 дні	1000 грн
Закриття або продаж проекту (якщо передбачено)	Продаж остатків сировини	1 ос., комп'ютер	Від 10-30 днів	4000 грн
	Продаж обладнання	1 ос., комп'ютер	Від 10-20 днів	30000000
	Продаж технологічної рецептури	1 ос., комп'ютер	Від 10-20 днів	По домовленості

5.2. Оцінка ризиків та страхування розробки [25]

Таблиця 5.13 – Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва процесу/стадії реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Зовнішні ризики	Внутрішні ризики
Розробка ідеї стартапу	1.Формування актуальності ідеї 2. Огляд доступності ресурсів для втілення ідеї 3. Пошук зацікавлених осіб 4. Пошук і огляд потенційних конкурентів 5. Формування каркасу майбутньої технології	1.Високий рівень конкуренції 2.Відсутність інвестиційних вкладень у проект	1.Конфлікт думок у розробників 2.Некомпетентність розробників 3.Недостатня кількість зацікавлених сторін
Реалізація ідеї	6. Пошук потенційних інвесторів 7. Пошук приміщення для оренди 8. Закупівля обладнання та сировини 9. Відкриття приватного підприємства 10. Наймання робочої сили та її навчання	1. Відсутність інвестиційних вкладень 2. Податковий ризик 3. Втрата потенційних клієнтів через нестандартну сировину для товару 4. Відмова у патентуванні та сертифікації	1. Виробничий ризик 2. Ризик персоналу 3. Зростання ціни на обладнання 4. Відсутність матеріалів для виготовлення товару
Впровадження у виробництво	11. Виробництво першої партії взуття 12. Удосконалення технології виробництва та закріплення навичок 13. Закупівля реклами в соціальних мережах 14. Пошук реклами за бартер	1. Відсутність бажання рекламувати товар у блогерів 2. Відсутність зацікавлення у товарі після реклами	1. Повільна швидкість навчання персоналу 2. Брак першої партії товару через недостатню компетентність працівників 3. Відсутність матеріалів для виготовлення товару

Масова реалізація	15. Доведення роботи підприємства до автоматизму зі скороченням часу, виділеного на виробництво однієї пари взуття 16. Прийом індивідуальних замовлень	1. Відсутність замовлень в запланованому обсязі 2. Простій обладнання та роботи працівників 3. Неокупність автоматизованої лінії виробництва	1. Ризик зниження фінансових показників 2. Ризик банкрутства 3. Затримка поставок сировини 4. Нестача сировини для масової реалізації 5. Неможливість автоматизації через нестандартність матеріалу
-------------------	---	--	---

Таблиця 5.14 – Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання

Види ризиків	Назви ризиків	Ймовірність настання	Вплив на очікуваний результат
Зовнішні ризики			
Розробка ідеї стартапу	A. Високий рівень конкуренції	2	3
	B. Відсутність інвестиційних вкладень у проект	2	3
Реалізація ідеї	C. Відсутність інвестиційних вкладень	2	3
	D. Податковий ризик	1	1
	E. Втрата потенційних клієнтів через нестандартну сировину для товару	2	3
	F. Відмова у патентуванні та сертифікації	1	1
Впровадження у виробництво	G. Відсутність бажання рекламувати товар у блогерів	2	2
	H. Відсутність зацікавлення у товарі після реклами	1	3
Масова реалізація	I. Відсутність замовлень в запланованому обсязі	2	3
	J. Простій обладнання та роботи працівників	1	2
	K. Неокупність автоматизованої лінії виробництва	2	2
Внутрішні ризики			

Розробка ідеї стартапу	L. Конфлікт думок у розробників	2	1
	M. Некомпетентність розробників	2	2
	N. Недостатня кількість зацікавлених сторін	2	1
Реалізація ідеї	O. Виробничий ризик	1	2
	P. Ризик персоналу	1	2
	Q. Зростання ціни на обладнання	2	2
	R. Відсутність матеріалів для виготовлення товару	2	3
Впровадження у виробництво	S. Повільна швидкість навчання персоналу	1	1
	T. Брак першої партії товару через недостатню компетентність працівників	1	3
	U. Відсутність матеріалів для виготовлення товару	1	3
Масова реалізація	V. Ризик зниження фінансових показників	2	3
	W. Ризик банкрутства	1	3
	X. Затримка поставок сировини	1	2
	Y. Нестача сировини для масової реалізації	1	2
	Z. Неможливість автоматизації через нестандартність матеріалу	1	2

Таблиця 5.15 – Матриця оцінки ризиків

За впливом ризиків на очікуваний результат		За ймовірністю настання ризиків		
Критерій ризику	Числове значення	Низька ймовірність	Середня ймовірність	Висока ймовірність
		1	2	3
Високий рівень впливу	3	3*H,T,U,W	6*A,B,C,E,I,R,V	9*
Середній рівень впливу	2	2*J,O,P,X,Y,Z	4*G,K,M,Q	6*
Низький рівень впливу	1	1*D,F,S	2*L,N	3*

Таблиця 5.16– План заходів з управління ризиками

Назва ризику	Назва методу управління ризиком	Відповідальні виконавці	Період виконання / застосування методу	Очікувані результати від впровадження методів управління
Н. Відсутність зацікавлення у товарі після реклами	Ухилення від ризику (відмова від блогерів, що не виконали свою роботу)	Піар-менеджер і директор	1,5 місяці	Покращення якості реклами і зростання зацікавленості у потенційних покупців
Т. Брак першої партії товару через недостатню компетентність працівників	Прийняття ризику (створення резерву)	Майстер і директор	10 днів	Отримання досвіду роботи
У. Відсутність сировини для виготовлення товару	Попередження ризику(стратегічне планування діяльності)	Помічник директора	5 днів	Забезпечення сировиною та створення його резерву

W. Ризик банкрутства	Прийняття ризику(створення резерву і самострахування)	Директор, помічники та бухгалтер	7 днів	Створення фінансової подушки для критичних ситуацій
G.Відсутність бажання рекламувати товар у блогерів	Попередження ризику(активний цілеспрямований маркетинг)	Піар-менеджер і директор	4 дні	Стабільність рекламних партнерів
K. Неокупність автоматизованої лінії виробництва	Передача ризику(надання гарантій)	Директор та помічники	10 днів	Безперебійна робота обладнання
M.Некомпетентність розробників	Ухилення від ризику(відмова від ненадійних працівників)	Директор та помічники	3 дні	Кваліфіковані кадри в команді
Q. Зростання ціни на обладнання	Прийняття ризику	Бухгалтер	7 днів	Фінансова страховка

	(кредитування)			
А. Високий рівень конкуренції	Попередження ризику (стратегічне планування)	Помічники директора	10 днів	Спрямована стратегія для підвищення конкурентоспроможності
В. Відсутність інвестиційних вкладень у проект	Прийняття ризику (кредитування)	Бухгалтер	10 днів	Фінансова страховка
С. Відсутність інвестиційних вкладень	Прийняття ризику (кредитування)	Бухгалтер	10 днів	Фінансова страховка
Е. Втрата потенційних клієнтів через нестандартну сировину для товару	Попередження ризику (активний спрямований маркетинг)	Піар-менеджер	5 днів	Більша освідомленість покупців у товарі
І. Відсутність замовлень в запланованому обсязі	Прийняття ризику (створення резерву)	Директор і бухгалтер	7 днів	Можливість безбитково пережити період без замовлень

Р. Відсутність матеріалів для виготовлення товару	Прийняття ризику (створення резерву)	Помічники директора та помічник майстра	10 днів	Створення резерву матеріалів
У. Ризик зниження фінансових показників	Попередження ризику (зменшення розмірів збитків)	Бухгалтер	5 днів	Фінансова страховка

5.3 Оцінка ринкових позицій інноваційної розробки [25]

Розрахунки ціни інноваційної пропозиції на ринку

1) Розрахунок ціни за витратним методом

$$Ц = С + П$$

Ц – ціна одиниці товару, грн.

С – собівартість товару.

П – величина прибутку, яку бажає отримати підприємство від реалізації одиниці товару, грн.

Собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{од}} = C/V_p = 1,42/3,68 = 0,39 \text{ грн/КВт*год}$$

Запланована ринкова ціна однієї одиниці продукції:

$$\text{Ц} = 4 \text{ грн/КВт*год}$$

$$\text{П} = \text{Ц} - \text{С}$$

$$\text{П} = 4 - 0,39 = 3,61$$

$$\text{Ц} = 0,39 + 3,61 \text{ грн/пачку} = 4 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.17 – Забезпеченість проекту основними засобами (ОЗ)

Місце ОЗ у технологічному процесі	Назва ОЗ	Повна початкова вартість ОЗ	Плановий період екс- плуатації	Очікуваний постачальник	Джерело фінансу-вання придбання
	Будівля	7 000 000	20		Фінансові інвестиції, прибуток підприємства на якому здійснюється реконструкція, кредитування
Стадія допоміжних робіт	Реактори для підігріву сировини	500 000	10	«Оріон трейд груп»	
	Термостат	80 000	10	«МИЗМА»	
	Дозатор	20 000	10	«Укрпромтех»	
	Вимірювальні прилади (термомтри, ротаметри і т.д.)	80 000	5	«Biosan»	
	Допоміжне обладнання (теплообмінники, фільтри, збирачі і т.д.)	2 000 000	10	«Оріон трейд груп»	
Основний технологічний процес	Фільтр для очистки від CO ₂	1 500 000	15	«Оріон трейд груп»	
	Газкольтер	5 000 000	15	«Укрторгхім»	
	Насос	60 000	10	«Укрпромтех»	

	Метантенк	3 000 000	10	«Оратор»	
	Система перемішування	50 000	6	«Nikka Densok»	

2) Розрахунок ціни агрегатним методом

$$Ц = ЦЕ_1 + ЦЕ_2 + \dots + ЦЕ_{2\dots1}$$

Елемент (на 1 прод.)	Ціна
Електроенергія	0,24
Вода	0,04032
Біогаз	1,2
Паливо	0,68399
Сума	2,164

3) Розрахунок ціни параметричним методом:

$$Ц_{\text{балу}} = \frac{326,75}{98} = 3,33$$

Показники	Виробники/експертна оцінка			Коефіцієнт вагового показника для споживача
Якість	5,4,4	5,4,4	5,5,5	0,5
Ціна	4,3,3	5,5,5	3,4,5	0,4
Термін зберігання	3,3,3	1,0,1	5,5,5	0,3
Екологічність	5,5,5	4,3,5	5,5,5	0,2

Показники	Серед.оц	Зарах. вагом.	Серед. оц	Зарах. вагом.	Серед.оц	Зарах. вагом.
Якість	4,33	2,16	4,33	2,16	5	2,5
Ціна	3,33	1,33	5	2	4	1,6
Термін зберігання	3	0,9	0,66	0,198	5	1,5
Екологічність	5	1	4	0,8	5	1
Сума	15,66	5,39	13,99	5,148	19	6,6

Таблиця 5.18 – Техніко-економічні показники проекту

Показник	Одиниця виміру	Розрахунок
Річний обсяг реалізації ідеї,	Од.	65650 т/рік

технології, методики		
Середньорічна чисельність персоналу за списком	Осіб	35
У тому числі - основних - допоміжних - інженерно-технологічного персоналу	Осіб	Основних – 12 Допоміжних – 5 Інженерно-технологічного персоналу – 18
Середньорічний виробіток робітника	Од./особу	$65650/35=1875,7$
Капіталовкладення у проект	Грн.	$169200+4646570=6338570$
Повна собівартість - всього - на одиницю продукції	Грн. Грн./КВт*год	Одиниця продукції – 4 грн/КВт*год Річна собівартість – 35063,24 грн/КВт*год (рік)
Відносний прибуток	Грн./КВт*год	1897416 грн/рік
Рентабельність	%	99,8%
Період повернення капіталовкладень	Років	1,2 роки
Фондовіддача виробничих фондів	Грн./грн.	9,4 грн./грн
Фондоємкість	Грн./грн.	$1/9,4=0,10$ грн./грн
Коефіцієнт економічної ефективності		8485047,67

РОЗДІЛ 6 АВТОМАТИЗАЦІЯ СТАДІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА

На стадії зброджування, контролю та регуляції підлягають наступні параметри:

- температура реакційного середовища у метантенку;
- рівень зброджуваної маси у метантенку;
- рН зброджуваної маси;
- тиск у метантенку;
- частота обертів мішалки;

Контроль та регулювання параметрів процесу виконується за допомогою датчиків та приборів встановлених на пульті керування, на обладнанні та трубопроводах [36].

6.1 Автоматичне регулювання

- Регулювання температури зброджуваної маси.

Для вимірювання температури зброджуваного середовища у метантенку використовують термоелектричний перетворювач ТХАУ-0289 (поз. 8-1). Діапазон вимірювання приладу становить від 0 до 200 °С. Мікропроцесорний регулятор МИК-21 (поз.8-2) приймає аналогічний сигнал 4-20 мА від первинного датчика, показуючи його, після чого формуючи регулюючий сигнал. Безконтактний пускач ПБР-2М (поз. 8-4) приводить в дію виконавчий прилад МЕО 6,3/10-0,25 (поз. 8-5), який відповідає за зміну подачі теплоносія. Кулачкові перемикачі ланцюга живлення (SA1, SA2) [32].

- Рівень зброджуваної маси у метантенку.

Радарний рівнемір Burkert 8136 (3-1) з діапазоном вимірювання 0-20 м відповідає за рівень зброджуваної маси у реакторі. Подачу води у реактор забезпечує виконавчий прилад МЕО 6,3/10-0,25 (поз. 3-5), його роботою керу-

					КББЕ.БЕ0114.МД			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 6 Автоматизація стадії зброджування у виробництві біогазу з відходів тваринництва	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Літвінець Н.С.						
Конс.		Козар М.Ю.					57	73
Керів.		Козар М.Ю.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

юють вихідний аналоговий сигнал 4-20 мА через мікропроцесорний регулятор МИК-21 (поз. 3-2) та безконтактний пускач ПБР-2М (поз. 3-4). БРУ-5-3-0-24 (3-3) відповідає за наявність ручного регулювання [35].

- Регулювання рН зброджуваної маси

За вимірювання рН субстрату відповідає датчик рН П-02С (поз. 5-1) з діапазоном вимірювання 1-14, датчик працює в комплекті з промисловим рН-метром рН-101П (поз. 5-2). Електричний сигнал 4-20 мА з рН-метру поступає на мікропроцесорний регулятор МИК-21 (поз. 5-3), який забезпечує ПД-імпульсне регулювання. Вихідні позиційні сигнали через безконтактний пускач ПБР-2М (поз. 5-4) керують роботою виконавчого механізму МЕО 6,3/10-0,25 (поз. 5-5), який забезпечує подачу сировини у ферментер при зниженні рН. При відхиленні рН за мінімальне значення вмикається попереджувальна сигналізація [34].

- Регулювання тиску у метантенку

Датчик Сафір М 2040 (поз. 7-1) з діапазоном вимірювання 0,01-0,25 Мпа відповідає за вимірювання тиску у реакторі та розташовується у апараті. Підтримання потрібного тиску забезпечує мікропроцесорний регулятор МИК-21 (поз. 7-2). Також є можливість ручного регулювання за допомогою БРУ-5-3-0-24 (7-3).

- Частота обертів мішалки у метантенку

Інкрементальний енкодер OG 6 (поз. 6-1) відповідає за визначення швидкості обертання турбінної мішалки. За регулювання частоти обертів валу відповідає мікропроцесорний регулятор МИК-21 (поз. 6-2), уніфікований сигнал якого надходить на частотний перетворювач MOVITRAC 07 (поз. 6-4) через блок ручного керування БРУ-5-3-0-24 (поз. 6-3) [31].

6.2 Технологічна сигналізація та захист

Усі сигналізаційні системи сигналізації супроводжуються світловими та ще й звуковими сигналами (9.1) [33], такими як:

- НЛ-1 – жовтий колір вмикається у разі критичного значення тиску у трубопроводі;

					КББЕ.БЕО114.МД	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- HL-2 – жовтий колір спрацьовує у разі значного стрибка рН;
- При позитивному (жовтий колір) та негативного (синій колір) відхилення температури у реакторі загоряються лампочки відповідного кольору – HL-4 та HL-3 відповідно.

6.3 Дистанційне управління

Виключно вручну (з пульта керування) здійснюється регулювання наступних параметрів [33]:

- витрати теплоносія (поз. 2-1, 2-2, 2-3);
- витрати сировини (поз. 4-1, 4-2, 4-3).

Таблиця 6.1 Специфікація контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації

Поз.	Назва параметру	Назва приладу, технічна хар-ка	Тип моделі	Місце монтажу	Допустимі значення	Кількість	Виробник, постачальник
1	2	3	4	5	6	7	8
1-1,	Тиск у паропроводі, тиск у паропроводі, тиск у сорочці реактора	Датчик тиску	Метран -55-ДИ-515-42-С	За місцем	0,02-0,6 МПа	2	Schneider Electric, Франція
1-2,		Вимірювальний перетворювач	ИТМ-11-08-3-Р0, 75-24	На щиті		3	КСКА-Vinnytsia LLC

2-1, 3-3, 4-1, 6-3, 7-3, 8-3		Блок ручного керува- ння	БРУ-5- 3-0-24	На щиті		8	АСТ- Світло- техніка
2-2, 3-4, 4-2, 5-4, 8-4		Пускач безкон- тактний	ПБР- 2М	За місцем		8	ТОВ «Дисо- трон», Запорі- жжя
2-3, 3-5, 4-3, 5-5, 8-5		Прилад вико- навчий	МЕО 6,3/10- 0,25			6	«Інфо- ком» ТОВ
3-1	Рівень рідини у реакторі	Радар- ний рівнемір	Burkert 8136		0-20 м	1	ТОВ «Техно- лайф», Бровари
3-2, 5-3, 6-2, 7-2, 8-2			МИК- 21	На щиті		6	АСТ- Світло- техніка
5-1	рН субстрату у метантенку	Датчик рН t=0- 120°C	П-02С	За місцем	0-14	1	ТОВ «ВП Діліс», Обухів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БЕО114.МД

Арк.

60

5-2		pH-метр проми- словий t=0- 120°C	pH- 101П	На щиті		1	«Автоматизація ТераВатт Груп» ТОВ
6-1	Частота обертів мішалки	Інкременталь- ний енкодер	OG 6	За місцем	100-512 імп./об.	1	Вольтар Хмельни- цька філія
6-4		Перет- ворювач частоти	MOVI- TR AC 07	За місцем		1	«Електр- оцентр- Комп- лекс»
8-1	Температур а у метантенку	Термо- елек- тричний перет- ворювач	ТХАУ- 0289	За місцем	0-200 °C	1	НВО «Елек- тротер- мія», Луцьк
SA1	Підключе- ння або від- ключення контур	Кулач- ковий пере- микач ланцюга живле- ння МП1	4G25- 10-US5- R112	За місцем		1	«ТОВ «КОН ТЕРА»
9-1	Захист, сигналізація	Звукова сигна-	ПП12	На щиті	220-380 В	1	«ТОВ «КОН-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БЕ0114.МД

Арк.

61

		лізація					ТЕРА»
--	--	---------	--	--	--	--	-------

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

Біогаз – це газова суміш, яка складається з метану, двоокису вуглецю, сірководню, а також незначної кількості інших газів [10]. При певних концентраціях біогаз разом з киснем може створювати вибухонебезпечну атмосферу, тому при будівництві та експлуатації біогазових установок потрібно дотримуватись правил безпеки. Крім того, існує інші види небезпек, наприклад, удушення або отруєння, а також небезпеки механічного типу, наприклад защемлення рухомими частинами установки [11, 25].

Були розроблені «Правила техніки безпеки для біогазових установок» спеціально для обладнання з виробництва біогазу. Всі біогазові установки підлягають цим нормам техніки безпеки і повинні виконувати закладені в них вимоги. До обслуговування біогазових установок допускаються особи, які [11]:

- Досягли 18 років, мають професійно-технічну освіту;
- Пройшли медичний огляд і не мають медичних протипоказань до даної роботи;
- Пройшли навчання в спеціалізованих медичних центрах, та отримали посвідчення в результаті успішної перевірки знань з:
 - безпечної експлуатації посудин, які працюють під тиском;
 - пройшли навчання домедичної допомоги потерпілим при нещасних випадках;
 - пройшли інструктажі з питань охорони праці, пожежної безпеки, та перевірку знань;
 - пройшли первинний інструктаж на робочому місці.

Особи, які обслуговують біогазові установки, зобов'язані [11]:

1. Вміти користуватись засобами колективного та індивідуального захисту.

					КББЕ.БЕ6114.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 7 Охорона праці та довкілля	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Літвінець Н.С.						
Конс.		Козар М.Ю.					63	73
						КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ		
Керів.		Козар М.Ю.						
Затверд.								

2. Дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку на підприємстві.
3. Не виконувати роботи, які не передбачені змінним завданням.
4. Не знаходитись на роботі у позаробочий час без відповідного дозволу керівника.
5. Знати будову обладнання.
6. Про всі невідповідності у роботі обладнання доповідати своєму керівнику.

При обслуговуванні біогазових установок, можлива дія небезпечних і шкідливих виробничих факторів [11]:

Фізичних:

- рухомі частини машин та механізмів;
- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях, інструментів та обладнання;
- підвищена або знижена рухливість повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- ушкодження внаслідок утворення вибухонебезпечних сумішей.

Психофізіологічних:

- фізичні перевантаження.

Під час виконання своїх обов'язків особи, які обслуговують біогазові установки, зобов'язані:

- дотримуватись вимог санітарних норм та особистої гігієни;
- приступати до роботи тільки у засобах індивідуального захисту;
- утримувати робоче місце в чистоті протягом зміни;
- приймати їжу тільки у їдальні або місцях відведених для цього;
- паління дозволяється тільки у спеціально відведених місцях;

					КББЕ.БЕО114.МД	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- після роботи зняти спецодяг, спецвзуття та інші ЗІЗ, вимити забруднені ділянки тіла, або прийняти душ та переодягнутись.

Також на біогазових підприємствах повинна здійснюватись гігієнізація з метою захисту довкілля. Її ціль закладається в тому, щоб дезактивувати можливих наявних у субстрат мікроорганізмів і збудників хвороб з точки зору епідеміології та фітогігієни [11, 25].

При експлуатації біогазових установок варто дотримуватись різних вимог щодо чистоти повітря. При цьому мова йде, в першу чергу, про вимоги щодо викидів запахів, шкідливих речовин та пилу [25], тобто всі гази, які в подальшому викидаються в атмосферу повинні бути очищені. Також біогазова установка повинна бути побудована таким чином, щоб виключити забруднення водойм, ґрунтів та ґрунтових вод. Крім того, особливу увагу варто наділити переходам між окремими етапами технологічного процесу. Це, в першу чергу, відноситься прийому субстратів, а також передачі залишків бродіння. Потрібно запобігати непередбаченого виходу матеріалів, а також забезпечити збір забрудненої води на цих ділянках [25].

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано інформацію, щодо відходів великої рогатої худоби, фізико-хімічні властивості. Наведено загальну характеристику біологічного агента та біохімічні основи процесу метанового зброджування.
2. Проаналізовано технології отримання біогазу з відходів ВРХ та обрано: одностадійний періодичний процес метанового бродіння в мезофільному режимі з вологістю субстрату 98,5%. Розраховано тривалість зброджування - 10 діб.
3. Розроблено технологічну та апаратурну схеми утилізації відходів ВРХ за допомогою метанового зброджування та очисткою біогазу від сірководню, за допомогою спеціального фільтру.
4. На основі розрахунків обрано два метантенка об'ємом 4000 м³ та три газгольдера об'ємом 600 м³. Розроблено креслення метантенку. Розраховано матеріальний баланс процесу виробництва біогазу.
5. Було розроблено стартап-проект для даного виду виробництва та розраховано собівартість 35063,24 грн/КВт·год.
6. Розглянуто основні заходи з охорони праці та довкілля, яких потрібно дотримуватись на підприємстві з виробництва біогазу та при роботі з біогазовими установками.

					КББЕ.БЕ0114.МД			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Литвінець Н.С.			Висновки			
Конс.		Козар М.Ю.						
Керів.		Козар М.Ю.						
Затверд.								
					Стадія	Арк.	Аркушів	
						66	73	
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ			

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матвеев Ю.Б. Биогазовые проекты в Украине – текущий статус и экономические условия / Ю.Б. Матвеев // Энергия из биомассы: V междунар. конф., 22-23 сент. 2009 г.: тезисы докл. – К., 2009: <http://www.biomass.kiev.ua/conf 2009>.
2. Гелету́ха Г.Г. Ключові проблеми розвитку сектору біомаси біопалив в Україні / Г.Г. Гелету́ха // Энергия из биомассы: V междунар. конф., 22-23 сент. 2009 г.: тезисы докл. – К., 2009: <http://www.biomass.kiev.ua/conf 2009>.
3. Семененко И. В., Зинченко М.Г. Оборудование и процессы метанового сбраживания органических отходов/ И. В. Семененко // НТУ «ХПИ», 2012. – 272 с.
4. Побігун А. М. Метанове бродіння як спосіб утилізації відходів тваринництва / А. М. Побігун, О. В. Бойко, І. О. Халіман. // Науковий вісник ТДАТУ. – С. 7.
5. Козир В. С. Особливості використання різної сировини при виробництві біогазу / В. С. Козир, В. О. Сокрут. // Інститут сільського господарства степової зони НААН України. – С. 4.
6. Марцинкевич В. Поводження з відходами тваринництва: переваги технології анаеробного зброджування / В. Марцинкевич, Н. Коломієць // К.: НЕЦУ, 2015. – 20 с.
7. Біоенергетика : підручник для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / К. О. Щурська, Є. В. Кузьмінський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 304 с.
8. Біогазові технології в Україні [Електроний ресурс]. – Режим доступу: http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovations_in_CBA/Budivnyctvo_i_ekspl_Biogas_2011.pdf. – Назва з екрана.
9. Токарчук Д.М. Виробництво і використання біогазу в Україні: економічні і

					КББЕ.БЕ0114.МД			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаних джерел	Стадія	Арк.	Акрушів
Разроб.		Літвінець Н.С.						
Конс.		Козар М.Ю.					67	73
Керів.		Козар М.Ю.				КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ		
Затверд.								

соціальні перспективи. Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету 2013. Збірник 22. Том 3. С. 338-346.

10. Кучерук П. П. Підвищення ефективності виробництва біогазу шляхом сумісного метанового бродіння гнойових відходів та силосу

кукурудзи : дис. канд. техн. наук : 05.14.08 – Перетворювання відновлюваних видів енергії / П. П. Кучерук. – К., 2016. – 164 с.

11. Руководство по биогазу: от получения до использования / [А. Томас, Ф. Хартвиг, Д. Гельмут та ін.] // Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). – 2012. – 213 с.

12. Биология метанобразующих и метанооксиляющих микроорганизмов / под. ред. Смирнова В. В. – Київ : Наук. думка, 1993. – 255 с.

13. Біогазові технології в Україні [Електроний ресурс]. – Режим доступу: http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovations_in_CBA/Budivnyctvo_i_ekspl_Biogas_2011.pdf. – Назва з екрана.

14. Гелетуха Г.Г. / Современные технологии анаэробного сбраживания биомассы (Обзор) / Г.Г. Гелетуха, С.Г. Кобзарь // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002.– № 4. – С. 3–10.

15. Абрамович И.А. / Энергетическое использование ресурсов биомассы бытовых отходов и осадков сточных вод населенных пунктов Украины / И.А. Абрамович, И.Л. Бондарь, А.С. Ютина // Энергия из биомассы: I междунар. конф., 23–27 сент. 2002 г. : тезисы докл. – К., 2002: <http://www.biomass.kiev.ua/conf 2002>.

16. Матвеев Ю.Б. Биогазовые проекты в Украине – текущий статус и экономические условия / Ю.Б. Матвеев // Энергия из биомассы: V междунар. конф., 22-23 сент. 2009 г.: тезисы докл. – К., 2009: <http://www.biomass.kiev.ua/conf 2009>.

17. Козловець О. А. Біотехнологія одержання біогазу при коферментації посліду птахів : дис. канд. техн. наук : 03.00.20 – біотехнологія / О. А. Козловець. – К., 2017. – 189 с.

					КББЕ.БЕО114.МД	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

18. Козій І. С. Виробництво біогазу з відходів тваринництва як елемент енергоресурсозбереження [Текст] / І. С. Козій, С. С. Мелейчук, В. В. Волохін // Суми: Scientific Journal «ScienceRise», 2014. – №1(1). – с. 18-21.
19. Жумагажинов А. Т. Способы интенсификации процессов анаэробного сбраживания [Текст] /А.Т. Жумагажинов, Н.К. Алгаинов // Вестник Инновационного Евразийского университета. – 2014. – №1. – С. 9195.
20. Голуб Г. С. Газова автономія [Текст] / Г. С. Голуб, С. В. Кухарець // The Ukrainian Farmer. – 2016. – С. 181–182.
21. Куріс Ю. В. Метаногенез і технологічні схеми отримання біогазу [Текст] / Ю. В. Куріс // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. – № 10 (92). – С. 41-48.
22. Майстренко О. Ю. Біогазові установки та методи їх розрахунку [Текст] / О. Ю. Майстренко, Ю. В. Куріс, О. В. Ряснова // Міжнародна конференція «Наука І Іновасія 2009». – Poland. – 2009. – С. 6-14.
23. Скляр О. Г. Основи біогазових технологій та параметри оптимізації процесу зброджування [Текст] / О. Г. Скляр, Р. В. Скляр // Праці Таврійського Державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2009. – Вип. 9. – Т. 1. – С. 20-30.
24. Уминський С.М. Технології одержання біогазу і органічних добрив в агровиробництві [Текст] / С. М. Уминський // Аграрний вісник Причорномор'я. Технічні науки. – 2013. – Вип. 67. – С. 167-176.
25. Підлісна О. А. Розроблення стартап-проекту / О. А. Підлісна, Ю. В. Тюленєва. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 46 с.
26. Кучерук П.П., Матвєєв Ю.Б., Ходаківська Т.В. Дослідження ефективності метаногенезу при анаеробному зброджуванні гною ВРХ з рослинними рештками // Відновл. енергетика. – 2010. – 20, №1. – С.83-89.
27. Таргоня В.С. Визначення обсягів вторинної сировини та розрахунок можливого виходу біогазу на тваринницьких фермах та комплексах: мет. вказ. / В.С.Таргоня, В.В.Оверченко, Б.В. Щербак // К.: НУБПУ, 2013. – 27 с.

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

28. ДСТУ ISO 13443:2015. Газы горючі природні для промислового і комунально-побутового призначення. [Чинний від 01.09.2016]. Вид. офіц. Київ: ДП «Укрметртестстандарт», 2015.
29. ДСТУ 7721:2015. Газоподібне паливо. Біогаз. Технічні вимоги і методи контролю. [Чинний від 01.08.2016]. Вид. офіц. Київ: Інститут відновлюваної енергетики Національної академії наук України, 2015.
30. ДСТУ 7509:2014. Газоподібне паливо. Біогаз. Методи відбору проб. [Чинний від 01.01.2015]. Вид. офіц. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2014.
31. ДСТУ 4516: 2006. Поновлювані джерела енергії. Установки біогазові. [Чинний від 01.10.2007]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. - 8 с.
32. Кооп. Ю. Виробництво і використання біогазу в Україні: посібник [Текст] / Ю. Кооп [та ін.]: ред. Р. Шульц. – Рада з питань біогазу з.т. / Biogasrat e.V. в партнерстві з Адвокатським об'єднанням «Arzinger». – травень 2012р. – 40 с.
33. Скляр О. Г. Основи біогазових технологій та параметри оптимізації процесу зброджування [Текст] / О. Г. Скляр, Р. В. Скляр // Праці Таврійського Державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2009. – Вип. 9. – Т. 1. – С. 20-30.
34. Безпечна експлуатація газового господарства / Безпека життєдіяльності. – Режим доступу: https://studme.com.ua/14860110/bzhd/ekspluatatsiya_gazovogo_hozyaystva.htm
35. Біогазові технології в Україні. Встановлення та робота біогазових установок [Текст]. – Львів: Центр біогазових установок, 2011. – 30с. Режим доступу: http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovations_in_CBA/Budivnytvo_i_ekspl_Biogas_2011.pdf
36. Черевко О. І. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / О. І. Черевко, А. М. Поперечний // Харків: Світ Книг, 2014. — 495 с.

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ДОДАТОК А

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ТА КВП

Позиція	Позначення, марка	Найменування	Кількість	Маса, кг	Примітка
361		Повітрозабірник, висота труби 10 м, діаметр труби 300 мм	1		
Ф-2		Фільтр попереднього очищення повітря запиленістю до 5мг/м ³ . Неперервної дії коміркового типу заповнений 12 металічними гофрованими сітками, що змащені маслом. Пилоємність фільтру 200 г/м ² . Ефективність очистки 75 %. Питома продуктивність 3000 м ³ /м ² год. Гідравлічний опір – 40 Па. Цикл роботи до регенерації – 70 год.	1		
П-3	900-31-2	Компресор повітряний. Продуктивність 970 м ³ повітря /хв. Тиск на виході 0,34 МПа. Потужність електродвигуна 3500 кВт. Температура повітря на виході до 200 °С.	1		
Р4		Реактор для приготування розчину лугу 1%, місткість 5 м ³	1		Неірж. сталь 12Х18Н10 Т

					КББЕ.БЕ0114.МД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додаток А		
Розроб.	Літвінець Н.С.						
Конс.	Козар М.Ю.						
Керів.	Козар М.Ю.						
Затверд.							
					Стадія	Арк.	Акрушів
						71	73
					КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ		

365		Збірник нейтралізації	1		Неірж. сталь 12X18H10T
366		Збірник з вбудованим перемішуючим пристроєм, для накопичення та перемішування сировини	1		Неірж. сталь 12X18H10T
367		Збірник являє собою ємність з будованими трубами, по яким подається теплоносій, та вбудованим перемішуючим пристроєм	1		Неірж. сталь 12X18H10T
H7, H9, H10, H21, H20		Насос. Максимальний напір: 10.0 (м), Пропускна здатність: 100.0 (м ³ /год), Напруга мережі: 380 ~ 400 В, Частота струму: 50 (Гц), Потужність (W): 18.8 (кВт), Перекачувані середовища: вода з домішками, каналізаційні речовини, хімічно нейтральні речовини, чиста вода, технічна вода.	3		Збірний
M11, M12		Метантенк з пропелерною мішалкою: об'єм 1000м ³ , ширина 12500 мм, висота 6500 мм.	2		Збірний
PT14		Регулятор тиску	1		
H13, H17		Компресор. Тиск на вході, 0,51,1 МПа Температура газу на вході, -5 + 30 °С Продуктивність, приведена до умов всмоктування, 1,6 м ³ /хв Частота обертання, 16,5	2		Збірний

					КББЕ.БЕ0114.МД	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

		1/с			
Г18		Газгольдер. Діапазон робочих температур - - 40+45 ° С; робочий тиск - 1,6 МПа; номінальний об'єм - 6 м³; Місткість – 5,5 м³; 2	4		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Кд15		Конденсатор для видалення вологи	1		Збірний
Фз16		Спеціалізована фільтраційна конструкція, яка складається з адсорбційної колони та фільтруючої частини	1		Збірний
Кг19		Когенераційна установка	1		Збірний
3622		Збірник з вбудованим перемішуючим пристроєм, для накопичення та перемішування збродженої маси	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Ц23		Центрифуга для розділення твердої та рідкої фракції збродженої маси	1		Збірний