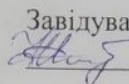


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

«На правах рукопису»
УДК 604

До захисту допущено:

Завідувач кафедри
 Наталія ГОЛУБ

«02» грудня 2022р.

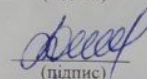
Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»
зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
на тему: «Біотехнологія отримання біогазу з відходів сільського
господарства»

Виконала: студентка II курсу, групи ББ-311мп
(шифр групи)

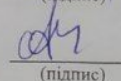
Фесюк Олена Ігорівна
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

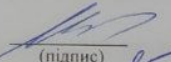
Науковий керівник ст. викл. Зубченко Л. С.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

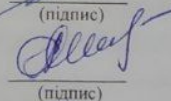
Консультант Економічна частина к.е.н. доц. Погребняк А. Ю.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)


(підпис)

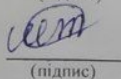
Консультант Автоматизація к.т.н. доц. Шибєцький В. Ю.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)


(підпис)

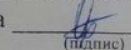
Консультант Проектування д.т.н проф. Саблій Л. А.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)


(підпис)

Рецензент к.т.н доц. Трус І.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студентка 
(підпис)

Київ – 2022 року

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

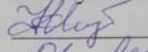
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»,

Освітньо-професійна (Освітньо-наукова) програма «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Наталія ГОЛУБ
«01» вересня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студентці
Фесюк Олені Ігорівні
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема дисертації «Біотехнологія отримання біогазу з відходів сільського господарства»,

науковий керівник дисертації Зубченко Людмила Сергіївна, ст. викл.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «21» 11 2022 р. № 4290с

2. Термін подання студентом дисертації 16 грудня 2022 р.

3. Об'єкт дослідження: технологія отримання біогазу з відходів великої рогатої худоби.

4. Предмет дослідження: біотехнологічне отримання біогазу з відходів великої рогатої худоби з подальшим його очищенням та переробкою відходів в рідкі та тверді добрива.

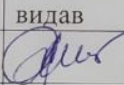
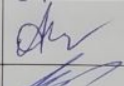
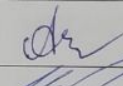
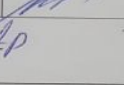
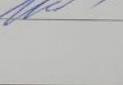
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: навести характеристику гною великої рогатої худоби як сировини для отримання біогазу; проаналізувати відомі технології виробництва біогазу, обрати та обґрунтувати обрану технологію виробництва біогазу з відходів ВРХ; надати характеристику мікроорганізмів, які беруть участь в процесі синтезу біогазу та охарактеризувати основні біохімічні перетворення в процесі зброджування; розробити технологічну та апаратну схеми виробництва біогазу з відходів тваринництва; розрахувати матеріальний баланс процесу виробництва та

витрати сировини та допоміжних матеріалів, обрати метантенк для проведення зброджування та газгольдери, згідно розрахунків; запросувати метантенк; розробити схему автоматизації стадії зброджування в метантенку; розробити стартап-проект технології переробки відходів тваринництва в біогаз; навести перелік заходів по охороні праці та навколишнього середовища на виробництві з отримання біогазу.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: креслення технологічної схеми (А1), креслення апаратурної схеми (А1), креслення метантенка (А1), креслення схеми автоматизації стадії зброджування (А1), розрахунок собівартості стартап-проекту (А1).

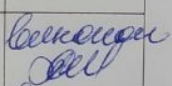
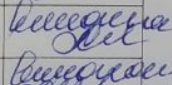
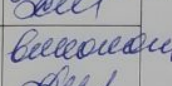
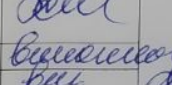
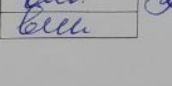
7. Орієнтовний перелік публікацій: Фесюк О.І. «Використання добавок різного складу для інтенсифікації виробництва біогазу». IV Міжнародна науково-практична конференція «Новітні досягнення біотехнології». Київ, 23.09.2022р.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Проектування	Саблій Л. А. д. т. н., проф.		
Економічна частина	Погребняк А. Ю. к.е.н., доц.		
Автоматизація	Шибєцький В.Ю. к.е.н., доц.		

9. Дата видачі завдання 01 Вересня 2022р

Календарний план

№з /п	Назва етапів виконання	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Характеристика сировини, біологічного агента. Обґрунтування вибору технології та способу переробки відходів великої рогатої худоби.	<u>26.03.2022</u>	
2	Опис біохімічних перетворень в процесі зброджування. Характеристика біогазу.	<u>24.04.2022</u>	
3	Розробка технологічної схеми. Розробка апаратурної схеми	<u>26.06.2022</u>	
4	Опис технології переробки відходів великої рогатої худоби послідовно за стадіями, згідно з технологічною схемою виробництва.	<u>23.07.2022</u>	
5	Розрахунок основних споруд і обладнань.	<u>08.09.2022</u>	
6	Розробка стартап-проекту	<u>31.10.2022</u>	
7	Оформлення магістерської дисертації	<u>04.12.2022</u>	

Студент

Олена ФЕСЮК

Науковий керівник дисертації

Людмила ЗУБЧЕНКО

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 76 с., 3 рис., 27 табл., 24 посилань.

В роботі обрано та обґрунтовано технологію зброджування відходів сільського господарства з отриманням біогазу. Вихідною сировиною виступає гній ВРХ та солома пшениці, визначено оптимальне співвідношення та вологість сировини для отримання максимального виходу біогазу. Режим зброджування — мезофільний; тип ферментації — вологий; процес зброджування — одноступінчастий. Для виробництва біогазу обрано 3 метантенка з корисним об'ємом 2500 м³. Режим роботи — безперервний.

Розраховано матеріальний баланс процесу, розроблено та описано технологічну та апаратурну схеми виробництва біогазу, а також наведено схему автоматизації стадії зброджування. Розроблено стартап-проект та розглянуто заходи з охорони праці і довкілля.

БІОГАЗ, ВІДХОДИ ТВАРИННИЦТВА, МЕТАНОГЕНЕЗ, МЕТАНТЕНК,
БІОГАЗОВА УСТАНОВКА, ЗБРОДЖУВАННЯ.

Abstract

Explanatory note: 76 p., 3 figs., 27 tables, 24 references.

Technology of biogas production fermentation of agricultural waste is selected and validated. Cattle manure and wheat straw are the starting raw materials. The optimal ratio and moisture content of the raw materials to obtain the maximum biogas output have been determined. The mode of fermentation is mesophilic; type of fermentation — wet; the fermentation process is one-stage. 3 methane tanks with a useful volume of 2500 m³ were selected for biogas production. The operating mode is continuous. The material balance of the process is calculated, the technological and hardware schemes of biogas production are developed and described, and the automation scheme of the fermentation stage is given. A start-up project was developed. Also occupational safety and environmental protection measures were mentioned.

BIOGAS, ANIMAL WASTE, METHANOGENESIS, METANTHENK, WOOD
WASTE, BIOGRAPHICAL INSTALLATION, WELDING

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ	10
1.1 Характеристика сировини	10
1.1.1 Типи сировини	11
1.2 Характеристика біологічного агента.	14
1.3 Обґрунтування вибору технології	15
2. БІОХІМІЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В ПРОЦЕСІ ЗБРОДЖУВАННЯ. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОГАЗУ.	22
2.1 Біохімічні перетворення в процесі зброджування	22
2.2 Характеристика біогазу	24
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	28
3.1 Опис технологічного процесу	28
3.2 Сировина та матеріали	32
3.3 Матеріальний баланс	33
РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ	37
РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗАЦІЯ СТАДІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ	42
5.1 Основні рішення з автоматизації	43
5.2 Автоматичне регулювання	43
5.3 Технологічна сигналізація та захист	45
5.4 Дистанційне керування	45
РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА СТАРТАП – ПРОЕКТУ	49
6.1 Резюме	49
6.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу	50
6.3 Визначення ключових факторів успіху проекту	52
6.4 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес-процесів	61
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ	69
7.1 Правила безпечної експлуатації метантенків	69
7.2 Вимоги санітарної безпеки	70
7.3 Охорона довкілля	70
ВИСНОВКИ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	73
ДОДАТОК А	76

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
					ЗМІСТ	Стадія	Арк.	Акрушів
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			6	76
Розроб.		Фесюк О.І.						
Перевір.		Зубченко Л.С.						
Керів.		Зубченко Л.С.						
Затверд.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		

ВСТУП

В наш час, коли ми маємо екологічні проблеми з традиційними видами палива (вугілля, нафтопродукти і т. п.), а про вартість їх і говорити не доводиться, біогаз є реальною та ефективною альтернативою, яка вирішить як і фінансові питання, так і ряд екологічних проблем.

Наразі в Україні утворення великої кількості відходів на промислових фермах – це екологічна проблема, яка потребує вирішення [9]. Свіжий гній тваринницьких ферм та рідкі складові гною разом із стічними водами є забруднювачами довкілля. Вони призводять до забруднення ґрунтових вод та повітряного басейну, створюють сприятливе середовище для зараження ґрунту шкідливими мікроорганізмами. У гною тварин життєдіяльність хвороботворних бактерій і яєць гельмінтів не припиняється [21].

Для усунення цих негативних явищ потрібна спеціальна технологія обробки гною, що дозволяє підвищити концентрацію поживних речовин, позбавитися неприємного запаху та усунути патогенні мікроорганізми. Перспективним, екологічно безпечним та економічно вигідним напрямом вирішення цієї проблеми є анаеробна переробка гною та відходів у біогазових установках з отриманням біогазу. Завдяки високому вмісту метану (до 70%) біогаз може горіти [22]. Органічна маса, що залишилася після такої переробки, придатна до використання як якісне знезаражене добриво [22].

Останнім часом у всьому світі все більшу увагу приділяють таким “нетрадиційним” відновлюваним джерелам енергії [23]. Проте, не тільки провідні країни світу, але й Україна також має незадіяний потенціал для виробництва власної енергії з відходів тваринництва (зокрема, ВРХ) з утворенням біогазу.

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фесюк О.І.					7	76
Перевір.		Зубченко Л.С.						
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Керів.		Зубченко Л.С.						
Затверд.								

Енергія, що міститься в одному м³ біогазу, еквівалентна енергії 0,6 м³ природного пального газу, 0,74 дм³ нафти, 0,65 дм³ дизельного палива, 0,48 дм³ бензину тощо [15]. Впровадження біогазових установок покращує екологічну обстановку на тваринницьких фермах, птахофабриках та на прилеглих територіях, що запобігає шкідливим впливам на навколишнє середовище.

В результаті, виробництво біогазу, шляхом переробки відходів великої рогатої худоби, має такі переваги: зменшення витрат на виготовлення органічних добрив; поліпшення санітарних умов тваринницьких господарств; зниження забруднення повітря азотистими сполуками, що мають неприємний запах; зниження забруднення водних ресурсів стоками гною та зменшення викидів парникових газів. Також, для переробки використовуються дешеві відходи сільського господарства – гній тварин, продукти сільського і лісового господарства, які не використовуються як харчові або кормові продукти, що є економічно вигідно.

Метою магістерської дисертації є вибір та обґрунтування технології отримання біогазу з відходів великої рогатої худоби.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. навести характеристику гною великої рогатої худоби як сировини для отримання біогазу; проаналізувати відомі технології виробництва біогазу, обрати та обґрунтувати обрану технологію виробництва біогазу з відходів ВРХ;
2. надати характеристику мікроорганізмів, які беруть участь в процесі синтезу біогазу та охарактеризувати основні біохімічні перетворення в процесі зброджування;
3. розробити технологічну та апаратурну схеми виробництва біогазу з відходів тваринництва;
4. розрахувати матеріальний баланс процесу виробництва та витрати сировини та допоміжних матеріалів, обрати метантенк для проведення зброджування та газгольдер, згідно розрахунків. Запроектувати метантенк;
5. розробити схему автоматизації стадії зброджування в метантенку;

					ББ-311мп.МД.ПЗ	8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. розробити стартап-проект технології переробки відходів тваринництва в біогаз;

7. навести перелік заходів по охороні праці та навколишнього середовища на виробництві з отримання біогазу.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА.

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

1.1 Характеристика сировини

Роль відновлюваних джерел енергії у виробництві енергії невідомо зростає і наразі актуальним є питання збільшення частки відновлюваних джерел в енергобалансі кожної окремої країни [9]. На відновлювану енергетику припадає 13 % постачання всієї первинної енергії у світі. З них на біомасу припадає 10 %, або 258 млн тне (тонна нафтового еквівалента) на рік [18], тобто біомаса забезпечує найбільшу частку постачання енергії з відновлюваних джерел. В Україні частка біомаси в первинному енергопостачанні становить лише 1,4 %, або 1695 тис тне (станом на 2014р.)[19].

Біомаса – це будь-яка органічна речовина, рослинного або тваринного походження яка доступна на поновлювальній основі. До біомаси відноситься деревина та сільськогосподарські культури, відходи рослинництва та тваринництва, комунальні органічні відходи тощо [9].

Одним із перспективних напрямів для України є переробка біомаси відходів тваринництва, а саме – гною тварин – шляхом анаеробного зброджування з утворенням біогазу, який потім власне і використовується для виробництва енергії або палива (табл.1.1) [22].

Отримання біогазу з органічних відходів базується на властивості мікроорганізмів, які присутні в цих відходах, виділяти біогаз при розкладанні в анаеробних, умовах. Цей процес називається метанове зброджування і відбувається у чотири етапи внаслідок розкладання органічних речовин двома основними групами мікроорганізмів – кислотоутворюючими та метаногенними.

Біогаз є результатом бродіння практично будь-якої біомаси. Проте у простих біогазових установках бажано переробляти тільки однорідні та рідкі органічні

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНДА. ОБГРУНТУВАННЯ " "	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фесюк О.І.					10	76
Перевір.		Зубченко Л.С.						
Керів.		Зубченко Л.С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

відходи: харчові відходи, екскременти худоби, свиней та птахів тощо. У більш складних біогазових установках можна переробляти й інші види органічних відходів – рослинні залишки та тверді побутові відходи [4].

Біогаз – це горючий газ, який складається з метану (40 – 70 %), вуглекислого газу (30 – 60 %), водяної пари (0 – 10 %), азоту (0,01 – 5 %), кисню (0,01 – 2 %), водню (0 – 1 %) та сірководню (0 – 3%) [1]. Основним компонентом біогазу є горючий газ метан, при згорянні якого вивільняється енергія. Вміст метану в біогазі багато в чому залежить від виду сировини що використовується та від умов процесу бродіння [1].

Таблиця 1.1 – Потенціал отримання біогазу з відходів тваринництва в Україні (на 2014р.)[9].

	Поголів'я, млн голів	Вихід гною або посліду, м³/тварино-місце/рік	Вихід біогазу, Нм³/т субстрату		Вміст метану, %	Вихід біогазу, Нм³/рік		Вихід біометану, Нм³/рік
			Діапазон вимірів*	Середнє		min	max	min
ВРХ	2,5	7,5–21,0	20–30	25	60	485	1360	279
Свині	7,9	1,2–6,0	20–35	28	65	251	1256	153
Птиця	230,3	7,5 (x100 тварино-місце на рік)	130–270	140	64	2095	2095	1347

* Залежно від характеристик відходів та процесу переробки

1.1.1 Типи сировини

Відходи тваринництва

Біомаса відходів тваринництва (гнійна рідина (гноївка), твердий гній) належить до субстратів, які найчастіше використовуються у виробництві біогазу, оскільки вони утворюються у великих кількостях і доступні безкоштовно на багатьох сільськогосподарських підприємствах. Крім того, гній легко змішується з іншою сировиною, такою як кукурудза, силос, силосна маса та ін [1].

Гній великої рогатої худоби найбільше підходить в якості сировини для переробки в біогазових установках за рахунок метаногенних бактерій, що вже містяться в шлунку великої рогатої худоби. Однорідність гною великої рогатої

худоби дозволяє використовувати його в установках безперервного зброджування [1]. Сеча великої рогатої худоби значно збільшує кількість біогазу, що виробляється, тому доцільно будувати ферми з бетонною підлогою і прямим гідрозливом екскрементів в ємність для змішування сировини [2].

Свинячий гній. При утриманні свиней у загонах та стійлах без вимощеного покриття можна використовувати лише гній [2]. Він має бути розведений водою для досягнення правильної консистенції для переробки. Розведену сировину на деякий час потрібно залишити в ємності для змішування для того, щоб пісок осів. Якщо цього не зробити то це може призвести до великої кількості піску і дрібних каменів у реакторі [2]. Пісок і земля, що потрапляє в реактор, накопичується на дні реактора, тому він повинен періодично вичищатися. Також як і у випадку з гноєм великої рогатої худоби, рекомендується будувати ферми з бетонною підлогою та прямим зливом екскрементів у ємність для змішування сировини [1].

Овечий і козячий гній. Для овець і кіз, що містяться без вимощеного покриття, ситуація схожа на описану для свинячого гною [2]. За наявності солом'яної підстилки, сировина для біогазової установки в основному є сумішшю гною і соломи. Більшість систем, що переробляють таку сировину, працюють у режимі порційного завантаження, при якому суміш гною, соломи та води завантажується без попередньої підготовки та залишаються в реакторі на більш тривалий термін, ніж чистий гній.

Курячий послід. Для переробки курячого посліду рекомендується утримання птахів у клітках або встановлення сідала над площею обмеженого розміру, яка є оптимальною для збору посліду. У разі підлогового утримання птахів частка піску, тирси, соломи в посліді буде надто високою. Потрібно враховувати можливі проблеми та проводити чищення реактора частіше, ніж під час роботи з іншими видами сировини [2]. Курячий послід добре поєднується з гноєм великої рогатої худоби і може перероблятися разом з ним. При використанні чистого пташиного посліду в якості сировини існує небезпека високої

					ББ-311мп.МД.ПЗ	12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

концентрації аміаку в отриманому біогазі [1]. Вихід біогаз для відходів тваринництва наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Вихід біометану і біогазу з органічних відходів тваринництва [4]

Субстрат		Вихід біогазу [Нм ³ /т субстрату]	Вихід метану [Нм ³ /т субстрату]	Готовий метан [Нм ³ /т оСР]
Гнійна рідота великої рогатої худоби	Δ	20-30	11-19	110-275
	Ø	25	14	210
Свинячий гній	Δ	20-35	12-21	180-360
	Ø	28	17	250
Твердий гній великої рогатої худоби	Δ	60-120	33-36	130-330
	Ø	80	34	250
Пташиний послід	Δ	130-270	70-140	200-360
	Ø	140	90	280

Δ: Область виміру значень; Ø: Середнє значення

Відходи рослинництва

Рослинною біомасою є продукти сільського і лісового господарства, що не використовуються як харчові або кормові продукти [9]. Зазвичай вони використовуються для виробництва тепла, електроенергії або палива. Так само як і відходи тваринництва, рослинна біомаса, що застосовується у виробництві біогазу, набуває все більшого значення.

Рослинний субстрат дає значно більший вихід біогазу в порівнянні з відходами тваринного походження (табл. 1.2, 1.3), що пояснюється вищим вмістом різних факторів росту таких як амінокислоти та редуковані цукри [3]. У зв'язку з цим одним з сучасних напрямів підвищення виходу біогазу є спільне

зброджування відходів рослинного та тваринного походження [4].

					ББ-311мп.МД.ПЗ	13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Вихід біометану і біогазу з органічних відходів рослинництва [4]

Субстрат		Вихід біогазу [Нм ³ /т субстрату]	Вихід метану [Нм ³ /т субстрату]	Готовий метан [Нм ³ /т оСР]
Кукурудзяний силос	Δ	170-230	89-120	234-364
	Ø	200	106	340
Солом'яно-зернова силосна маса	Δ	170-220	90-120	290-350
	Ø	190	105	329
Зерно злаків	Ø	620	320	380
Трав'яний силос	Δ	170-200	93-109	300-338
	Ø	180	98	310
Цукровий буряк	Δ	120-140	65-76	340-372
	Ø	130	72	350
Кормовий буряк	Δ	75-100	40-54	332-364
	Ø	90	50	350

Δ: Область виміру значень; Ø: Середнє значення

1.2 Характеристика біологічного агента.

Процес виробництва біогазу можна розділити на чотири етапи: гідроліз, окислення, ацетогенез і власне синтез метану. У цьому складному процесі перетворень бере участь велика кількість мікроорганізмів, найважливішими з яких є метаногенні бактерії, без яких синтез біогазу був би неможливим.

Стадії ацетогенезу і метаноутворення часто проходять одночасно, метано- та кислотоутворюючі бактерії взаємодіють у симбіозі [1]. З одного боку, ацетогенні бактерії створюють ідеальні умови для метаноутворюючих бактерій (анаеробне середовище, хімічні сполуки з низькою молекулярною масою). З іншого боку, метаногенні мікроорганізми використовують проміжні сполуки ацетогенних бактерій. За відсутності цієї взаємодії, в реакторі розвинулися б непридатні умови для діяльності обох типів мікроорганізмів.

Оптимальна температура, за якої життєдіяльність бактерій протікає активніше, для мезофільного процесу становить 34 – 36 °С, для термофільного 52 – 54 °С.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Хоча термофільний режим пришвидшує розпад органічної речовини, що зумовлює підвищення виходу біогазу, він вимагає великих тепловитрат на підтримку температури в метантенку [17].

Для зброджування органічної сировини можуть використовуватися асоціації мікроорганізмів, в які входять сапрофітні анаеробні бактерії, що зброджують вуглеводи, амоніфікуючі бактерії (*Clostridium*, *Bacillus*), ацетогенні бактерії (*Syntrophobacter*, *Desulfovibrio*), сульфатовідновлювальні та метаноутворюючі бактерії (*Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Methanobacterium*) або анаеробний активний мул з іншого метантенка [3]. Ацетогенні та метаноутворюючі бактерії досить поширені в природі, зокрема в екскрементах тварин. Наприклад, в травній системі великої рогатої худоби міститься повний набір мікроорганізмів, необхідних для зброджування гною, а сам процес метанового бродіння починається ще в кишечнику [24]. Тому гній ВРХ часто застосовують як сировину, що завантажується в реактор і одночасно як джерело мікроорганізмів [1].

1.3 Обґрунтування вибору технології

Для оптимального протікання процесу зброджування та виробництва біогазу достатньо забезпечити такі умови:

- підтримка анаеробних умов в реакторі;
- дотримання температурного режиму;
- наявність поживних речовин для бактерій;
- вибір часу зброджування;
- своєчасне завантаження сировини;
- дотримання кислотно – лужного балансу ;
- дотримання співвідношення вмісту вуглецю та азоту;
- правильний вибір вологості сировини;
- регулярне перемішування;
- відсутність інгібіторів процесу.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На кожен із різних типів бактерій, що беруть участь у трьох стадіях утворення метану, ці параметри впливають по – різному. Також, між параметрами зброджування є тісна взаємозалежність (наприклад, вибір часу зброджування залежить від температурного режиму), тому складно визначити точний вплив кожного фактора на кількість біогазу, що утворюється [24].

Температурний режим

Підтримка оптимальної температури один із найважливіших чинників процесу зброджування. У природних умовах утворення біогазу відбувається при температурах від 0°C до 97°C, але з урахуванням оптимізації процесу переробки органічних відходів для отримання біогазу виділяють 3 температурні режими [1]:

- психофільний температурний режим (20°C – 25°C)
- мезофільний температурний режим (25°C – 40°C)
- термофільний температурний режим (понад 40°C)

Зі збільшенням температури, ступінь виробництва метану збільшується. Але оскільки кількість вільного аміаку теж збільшується зі зростанням температури, процес зброджування може сповільнитися [2]. У середньому біогазові установки без підігріву реактора демонструють задовільну продуктивність тільки при середньорічній температурі близько 20°C або вище, або коли середня денна температура досягає щонайменше 18°C [1]. При середніх температурах 20 – 28°C виробництво газу непропорційно збільшується. Якщо ж температура біомаси менше 15°C, вихід газу буде настільки низьким, що біогазова установка без теплоізоляції та підігріву перестане бути економічно вигідною [1].

Перевагами термофільного процесу зброджування є: підвищена швидкість розкладання сировини і, отже, вищий вихід біогазу, а також практично повне знищення хвороботворних бактерій, що містяться в сировині [17]. Недоліками термофільного розкладання є велика кількість енергії, необхідна на підігрів сировини в реакторі, чутливість процесу зброджування до мінімальних змін температури і дещо нижча якість одержуваних біодобрив [17]. При мезофільному режимі знезараження сировини не повне, як при термофільному

					ББ-311мп.МД.ПЗ	16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

режимі [17], проте цей температурний режим є менш вибагливим в плані теплопостачання, тобто, є більш економічно вигідним.

Тривалість зброджування

Оптимальна тривалість для зброджування сировини залежить від дози завантаження реактора та температурного режиму зброджування. Якщо термін для зброджування біомаси занадто короткий, то при вивантаженні збродженої біомаси, бактерії з реактора вимиваються швидше, ніж розмножуються і ферментація практично зупиняється [23].

На практиці тривалість зброджування біомаси вибирають в залежності від температури зброджування [1]:

- Психофільний температурний режим: від 30 до 40 та більше діб;
- Мезофільний температурний режим: від 10 до 20 діб;
- Термофільний температурний режим: від 5 до 10 діб.

Застосування мезофільного температурного режиму є економічно вигіднішими та дешевим. Окрім цього, період зброджування є значно коротшим ніж при психофільному режимі, що робить мезофільний процес оптимальним варіантом для отримання біогазу.

Вибір тривалості зброджування залежить також і від типу сировини, що переробляється. Для біомаси ВРХ, що переробляється в умовах мезофільного температурного режиму, час, за який виділяється найбільша частина біогазу дорівнює 10 -15 діб [2].

Добова доза завантаження

Добова доза завантаження сировини визначається тривалістю зброджування біомаси та збільшується із збільшенням температури в реакторі. Для мезофільного режиму, як зазначено вище, час зброджування становить від 10 до 20 діб, отже, для 10 діб добова частка завантаження сировини становитиме 1/10 загального обсягу сировини, що завантажується [2]. Якщо час обороту реактора становить 20 діб, то добова частка завантаження становитиме 1/20 загального

					ББ-311мп.МД.ПЗ	17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обсягу сировини, що завантажується.

Методи завантаження

За методом завантаження сировини розрізняють установки порційного і безперервного завантаження [2], які відрізняються тривалістю зброджування і регулярністю завантаження сировини.

Установки порційного завантаження повністю завантажуються сировиною, а після зброджування сировини їх так само повністю вивантажують. Для такого типу завантаження підходять установки будь-якої конструкції та будь-який тип сировини, але такі установки характеризуються нестабільним виробництвом біогазу, відповідно і коливання якості продукту, також мають обмежену висоту реактора (для забезпечення потрібної інфільтрації) та ускладнене газонепроникне ущільнення впускного і випускного отвору тощо [2].

В установки безперервного завантаження щодня завантажують невеликі порції сировини. При завантаженні нової сировини рівна порція відпрацьованих відходів вивантажується. Сировина, що завантажується в такі установки, має бути рідкою та однорідною. Виробництво газу стабільно і кількісно перевищує обсяг біогазу, що виробляється на порційних установках. Майже всі біогазові установки в розвинених країнах – це установки безперервного завантаження.

Одно- та багатоступінчастий процес зброджування

За кількістю стадій процес отримання біогазу розділяють одно- та багатоступінчастий. Більшість біогазових установок працюють за одноступінчастого процесу, тобто, реакції розкладу речовин в процесі метаногенезу не розділені в часі та просторі і проходять в одному реакторі.

Для багатоступінчастого процесу збродження характерне залучення додаткових реакторів та розділення процесу на стадії. Наприклад, для субстратів що швидко розкладаються і мають схильність до окислення, для стадій гідролізу та окислення передбачається окремий резервуар і з нього продукти розкладання дозовано подаються у ферментер [14]. Це дає змогу

					ББ-311мп.МД.ПЗ	18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшити ефективність роботи мікроорганізмів, а отже і збільшити вихід біогазу. Завдяки такому розділу процесів при двоступінчастому методі збродження, газ з високим вмістом метану можна отримати шляхом відокремлення газів, що не використовуються, біофільтром [14].

Не зважаючи на те, що такий поділ на стадії найкраще відповідає умовам життєдіяльності мікроорганізмів і має багато переваг, такий процес зброджування є дороговартісним. Додаткові витрати на другий резервуар та системи змішування, опалення та насоси можуть окупитися лише для певних видів субстратів.

На відміну від багатоступінчастих систем, одноступінчасті системи є простими в проектуванні, збірці та експлуатації, а також менш фінансово затратними. Тому вони, зазвичай, є найпоширенішим методом, що застосовується як для промислового отримання біогазу, так і для невеликих децентралізованих виробництв [14].

«Сухе» та «мокре» бродіння

За вмістом сухої речовини у субстраті розрізняють «мокру» та «суху» ферментацію. На сьогоднішній день майже всі біогазові установки експлуатуються в режимі рідкої (мочної) ферментації. Для сировини, що зброджується в реакторах мокрого типу, вміст сухої речовини становить до 15% [11], оскільки за вищого вмісту сухої речовини, біомаса не придатна до перекачування.

За волого зброджування сировина попередньо підлягає значному подрібненню та доведенню до відповідної вологості шляхом розведення рідиною. Ця попередня підготовка робить зброджуваний субстрат придатним для перекачування і перемішування, як невід'ємних та обов'язкових етапів процесу синтезу біогазу.

Суха ферментація цікава підприємствам, які не мають рідкого гною або рідких відходів, але мають певні обсяги рослинної сировини [11]. На відміну від вологої ферментації процес сухого зброджування не передбачає ні

					ББ-311мп.МД.ПЗ	19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перекачування, ні перемішування сировини в процесі біогазового виробництва [2].

Однак, як і в умовах рідкої ферментації процес сухого зброджування вимагає відповідного рівня вологості середовища. Це забезпечується шляхом змішування сировини з ферментаційною рідиною безпосередньо перед подачею сировини на зброджування або безперервного розпилення ферментаційної рідини протягом зброджування [21].

Спочатку процес сухої ферментації біомаси розроблявся для переробки рослинних залишків, але сьогодні він отримав широке застосування в сільському господарстві завдяки можливості енергетичного перетворення біомаси з вмістом сухої речовини від 20 до 40% [11].

Суша ферментація може застосовуватися для зброджування наступних видів сировини:

- твердий гній,
- енергетичні рослини (силос кукурудзи, силос зернових, силос трав тощо),
- рослинні залишки (відходи соломи, відходи зернових тощо),
- побутові відходи (відходи кухонь, готельного та ресторанного бізнесу, супермаркетів тощо).

Для сухого зброджування характерне використання реактора меншого об'єму (ніж при мокрому), а також більш низькі енерговитрати та мінімальна обробка субстрату [11]. Також суха ферментація вимагає використання установок порційного завантаження, які мають суттєві недоліки.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до завдання необхідно розробити технологію виробництва біогазу з відходів ВРХ.

Виходячи з аналізу існуючих технологій виробництва та їх особливостей для отримання біогазу з відходів ВРХ обираємо зброджування гною ВРХ в суміші з рослинним косубстратом. Як косубстрат обрано соломку пшениці. Обраний режим зброджування – мезофільний, одноступінчастий. Тип метантенка – проточний з безперервним типом завантаження. Вологість субстрату, який зброджується 95% (згідно завдання). Добова доза завантаження 10% (згідно завдання).

					ББ-311мп.МД.ПЗ	21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. БІОХІМІЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В ПРОЦЕСІ ЗБРОДЖУВАННЯ. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОГАЗУ.

2.1 Біохімічні перетворення в процесі зброджування

Анаеробне зброджування — це біологічний процес, за якого органічні речовини розкладаються, за відсутності кисню (анаеробні умови), на метан (CH_4) і вуглекислий газ (CO_2).

Процес зброджування гною великої рогатої худоби, з подальшим утворенням біогазу, відбувається у 4 етапи: гідроліз, окислення (ацидогенез), ацетогенез та метаногенез [1] (рис. 2.1).

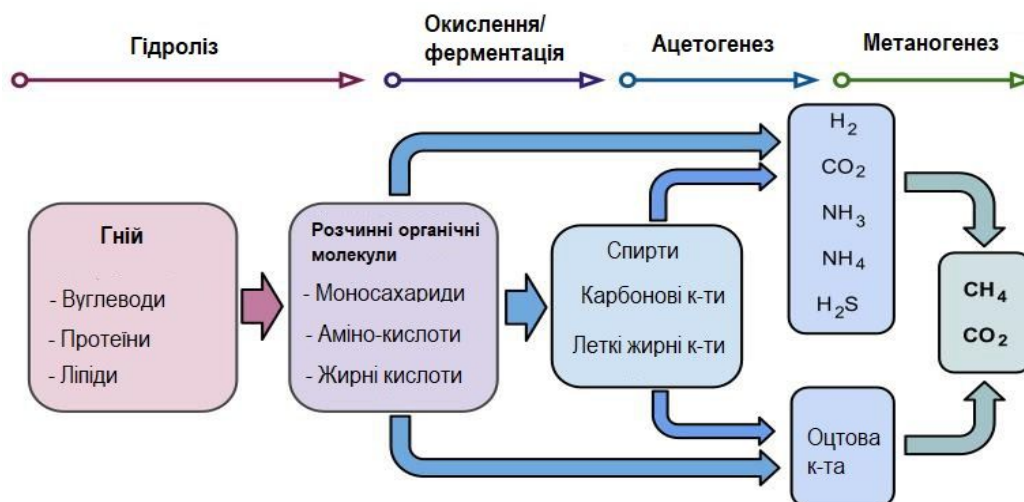
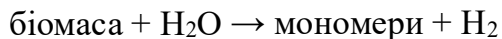


Рисунок 2.1 – Процес зброджування біомаси [20]

На першому етапі (**гідроліз**), складні органічні речовини розкладаються ззовні позаклітинними ферментами мікроорганізмів (амілаза, протеаза та ліпаза). Бактерії розкладають довгі ланцюжки складних вуглеводнів (полімери), протеїни та ліпіди – у більш короткі ланцюжки (моно- і олігомери) [8]. Зазвичай це бактерії родів *Streptococcus*, *Clostridium*, *Bacteroides* та ін [16].

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В ПРОЦЕСІ ЗБРОДЖУВАННЯ.	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фесюк О.І.					22	76
Перевір.		Зубченко Л.С.						
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Керів.		Зубченко Л.С.						
Затверд.								

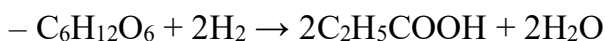
Гідроліз – це реакція яка відбувається за участі води:



Далі продукти гідролізу розкладаються мікроорганізмами наступних стадій.

Кислотоутворюючі бактерії, які беруть участь у другому етапі утворення біогазу (**ацидогенез**), розщеплюють складні органічні сполуки (клітковину, білки, жири та ін.) у простіші. При цьому в середовищі, що зброджується, з'являються первинні продукти бродіння — леткі жирні кислоти, нижчі спирти, водень, оксид вуглецю, оцтова і мурашина кислоти та ін. [17].

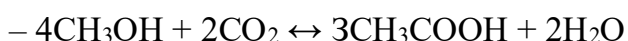
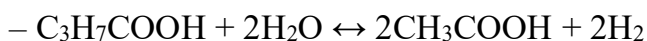
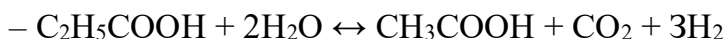
На цій стадії протікають різні види бродіння: спиртове, маслянокисле, ацетонобутилове, пропіонове та інші, в ході яких бактерії-ацидогени зброджують продукти гідролізу, що утворилися (наприклад глюкозу), до органічних кислот [8]:



В результаті розщеплення на перших двох стадіях 70 – 80% органічних речовин, що утворилися, складають вищі жирні кислоти, до 20% – ацетат (солі та ефіри оцтової кислоти) і 3 – 5% – водень [8]. Ці органічні речовини є джерелом харчування для метаногенних бактерій, які перетворюють органічні кислоти в біогаз.

Деякі бактерії, які беруть участь в ацидогенезі *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* [16].

Продукти окиснення не можуть бути безпосередньо перетворені на метан метаногенними бактеріями, і переходять у метаногенні речовини на стадії **ацетогенезу**. На цьому етапі бродіння ацетогенні бактерії перетворюють органічні кислоти, наприклад, пропіонову та масляну, та інші продукти ацидогенезу в оцтову кислоту [8]:



					ББ-311мп.МД.ПЗ	23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



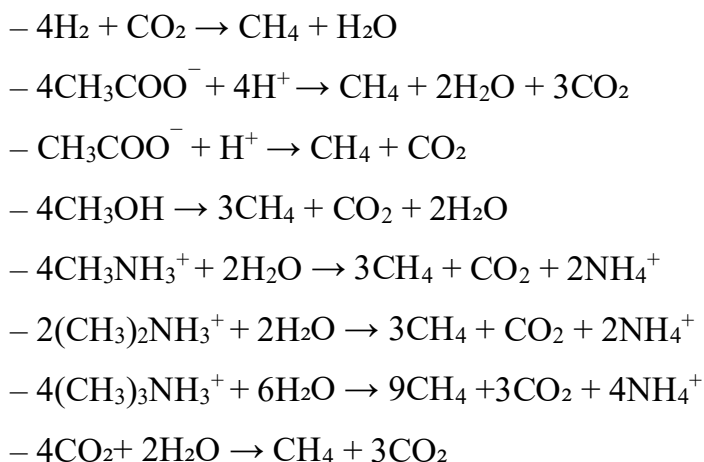
Деякі бактерії, які беруть участь в ацетогенезі: *Syntrophobacter wolinii*, *Syntrophomonos wolfei*, *Clostridium*, *Peptococcus*, *Lactobacillus*, *Actinomyces* [16].

Кінцевими продуктами стадії окислення є ацетат (50 – 55%), H_2 (23 – 25%) та CO_2 .

Метаногенез — кінцева стадія синтезу біогазу, в якій основну роль відіграють метаногенні мікроорганізми. Вони розкладають речовини з низькою молекулярною вагою, утилізують водень, вуглекислий газ та оцтову кислоту.

На відміну від кислотоутворюючих бактерій, метаногенні є більш чутливі до умов середовища тому від умов, що створюються для життєдіяльності метаноутворюючих бактерій, залежить інтенсивність газовиділення [1]. Перепади температури, надмірне переповнення резервуару або надходження надлишкового кисню може привести до припинення виробництва метану. Час генерації клітин становить кілька діб. Їхня активність максимальна при рН середовища від 6,8 до 7,5.

Реакції відбуваються з використанням проміжних продуктів попередніх етапів. Основні реакції, які відбуваються під час метаногенезу [8]:



Деякі бактерії, які беруть участь в метаногенезі: *Methanobacterium*, *Metanobacillus*, *Metanococcus*, *Metanosarcina* та ін [16].

2.2 Характеристика біогазу

У процесі зброджування сировини в біогазових установках бактерії, що

					ББ-311мп.МД.ПЗ	24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробляють метан, розкладають органічну речовину та повертають продукти розкладання у вигляді біогазу та інших компонентів у навколишнє середовище.

Склад біогазу залежить від виду біомаси яку зброджують та умов метаногенезу. Біогаз отриманий із відходів тварин зазвичай містить 55–70% метану та 20–40% вуглекислого газу [2]. Крім метану та вуглекислого газу, він також містить сліди водню, азоту, кисню та сірководню, залежно від складу сировини та процесу зброджування (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Компоненти біогазу, який отримують в процесі зброджування [2]

Характеристика	Компоненти біогазу					Суміш біогазу (CH ₄ – 60%, CO ₂ – 40%)
	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	N ₂	
Об'ємна частка, %	55–70	20–44	1	1	< 3	100
Об'ємна теплота згоряння, МДж/м ³	35,8	-	10,8	22,8	-	21,5
Межа вибуху (вміст у повітрі), %	5–15	-	4–30	4–45	-	5–12
Температура займання, °C	+65 +750	-	+585	-	-	+650 +750
Нормальна густина, г/л	0,72	1,98	0,9	1,54	-	1,2

До споживання допускається біогаз, який за фізико–хімічними показниками відповідає вимогам та нормам (таблиця 2.2).

Отриманий в процесі зброджування сирий біогаз очищується від домішок для підвищення його теплотворної здатності та видалення шкідливих домішок, які можуть негативно впливати на роботу обладнання. Склад біогазу після

очищення: метан – 96%, водень – до 3, залишковий вуглекислий газ – до 2%, залишковий сірководень – 0,01 – 0,02%. Залишковий вміст води не повинен перевищувати 0,2 %.

Отриманий біогаз повинен відповідати ДСТУ 7721:2015 Газоподібне паливо. Біогаз. Технічні вимоги та методи контролювання [6].

Такий біогаз, готовий та очищений до показників природного газу може застосовуватися по-різному:

- як децентралізоване енергозабезпечення аграрного підприємства, на основі сировини якого виготовляється біогаз;
- як паливо для двигунів внутрішнього згоряння;
- як паливо або джерело електроенергії на підприємствах;
- може подаватися в загальну газорозподільну мережу для постачання газу для комунальних підприємств та накопичувачів енергії.

В магістерській дисертації пропонується спалювати отриманий біогаз в когенераційні установці для отримання електричної енергії. Теплоту, що утворюється при спалюванні біогазу використовують для приготування пари, для підтримання температури зброджування.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Технічні вимоги до біогазу [5]

Найменування показника	Допустимі границі	Методи контролю
Нижча теплота згорання, МДж/м ³ (ккал/м ³), при 20°C, 101,325 кПа,	31,8 (7600)	ДСТУ ISO 6976:2009
Область значень числа Воббе (вищого), МДж/м ³ (ккал/м ³)	41,2-54,5 (9850-13000)	ДСТУ ISO 6976:2009
Допустиме відхилення числа Воббе від номінального значення, %	±5	-
Масова концентрація сірководню, г/м ³	0,02	ДСТУ ISO 6326-1:2015 ДСТУ ISO 6326-3:2015
Масова концентрація меркаптанової сірки, г/м ³	0,036	ДСТУ ISO 6326-3:2015 ДСТУ ISO 19739:2015
Об'ємна частка кисню, %	1,0	ДСТУ ISO 6974-1:2007 ДСТУ ISO 6974-2:2007 ДСТУ ISO 6974-3:2007
Маса механічних домішок в 1 м ³ , г	0,001	ГОСТ 22387.4
Інтенсивність запаху газу при об'ємній частці 1% в повітрі, бал	3	ДСТУ ISO/TR 16922:2015 ДСТУ ISO 13734:2015

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Опис технологічного процесу

ДР 1. Підготовка технологічного повітря.

Оскільки зброджування сировини проводиться в анаеробних умовах, безпосередньо в біохімічних перетвореннях повітря не бере участь, однак воно використовується в ряді інших процесів. Насамперед, при витисканні біогазу з газгольдера низького тиску, на етапі зневоднення шламу на фільтр-пресах, а також повітря використовується як теплоагент при сушінні збродженого субстрату.

ДР 1.1 Забір повітря з атмосфери

Проводиться забір атмосферного повітря на висоті 10 м. Зібране повітря проходить через повітрозбірник Пз-1 і потрапляє до фільтру Ф-2 де піддається очищенню від механічних домішок і пилу. Для очистки повітря використовуються фільтри MF для очищення від мікрочастинок розміром до 0,2 мікрона (ефективність очищення 99,5 %).

ДР 1.2. Нагрівання повітря.

Безпосередньо перед нагріванням повітря кондиціонують з метою осушення (вологість менше 1%). Пройшовши через кондерсатор К-3, повітря направляється до нагрівання гарячими газами блочної електростанції Кг-19 і далі направляється на технологічну стадію сушіння збродженого субстрату ТП 7.2 .

ДР 2. Підготовка сировини.

Щоб забезпечити максимальний вихід біогазу необхідно провести попередню обробку вихідної сировини — соломи пшениці та гною ВРХ.

ДР 2.1 Підготовка гною ВРХ.

Отриману біомасу ВРХ доставляють на комплекс автотранспортом.

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фесюк О.І.					28	76
Перевір.		Зубченко Л.С.						
Керів.		Зубченко Л.С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

За допомогою насосів гній перекачують до збірника-накопичувача 3б-5 для подальшої гомогенізації. Потім шнековим транспортером подають в змішувач 3б-10 до ДРЗ, де відбувається змішування з соломною. Вологість гною, який надходить на виробництво становить близько 91 %. Безпосередньо перед завантаженням метантенка ще раз проводять перемішування з метою гомогенізації, оскільки тверда фракція може осідати на дно збірника.

ДР 2.2 Підготовка соломи пшениці.

Рослинні відходи, які надходять безпосередньо від постачальника автотранспортом або зберігаються на складі подають до збірника-накопичувача 3б-7, звідки сировина поступово подається до молоткової дробарки. Біомаса соломи пшениці подрібнюється до часточок розмірами до 10 мм. Далі подрібнена солома шнековим транспортером подається в змішувач 3б-10 до ДРЗ, де відбувається змішування з гноєм ВРХ.

ДР 3. Змішування субстрату для зброджування.

Далі відбувається змішування гною ВРХ та подрібненої соломи пшениці у резервуарі 3б-10 (у співвідношенні 8:1). Для досягнення необхідної для зброджування вологості (95%) суміш розбавляють конденсатом від сушіння твердої фракції зброженого субстрату, який утворюється на ТП 7.2 та водопровідною водою. Для підвищення виходу біогазу на стадії змішування субстрату додають целюлолітичний ферментний препарат, який пришвидшує розкладання соломи. Завдяки цьому процес розкладання соломи під час метанового зброджування пришвидшується, ступінь її розкладання збільшується.

ТП 4. Метанове зброджування.

Процес метанового зброджування відбувається у метантенку М-12, проходить за анаеробних умов, температури в середині реактору 35 ± 5 °С (мезофільний режим), вологості субстрату 95 % та рН 6,8-7,4. Тривалість зброджування – 10 діб. Одержаний біогаз направляється до ТП 5.

ТП 5. Збір, очистка і зберігання біогазу.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно завдання отриманий біогаз планується спалювати в когенераційній установці Кг-19 з отриманням електричної енергії. Тому глибокого очищення біогаз не потребує. Проводиться лише збагачення та зневоднення.

ТП 5.1. Накопичення біогазу в газгольдері низького тиску

Біогаз з метантенка перед подачею в абсорбер накопичується в газгольдері низького тиску Г-13. Газгольдер влаштований у вигляді ємності, у верхній частині якої влаштований купол з кількох шарів міцної плівки. Накопичуюсь в газгольдері біогаз заповнює купол. Видалення біогазу відбувається шляхом закачування повітря між шарами плівки у куполі.

ТП 5.2. Очистка від CO_2 і H_2S

Очистка від CO_2 і H_2S відбувається шляхом промивання біогазу (під тиском) водою в абсорбері. Біогаз стискується до 9 бар, і подається через наповнену водою абсорбційну колону Аб-15, сполуки сірководню та вуглекислого газу розчиняються у воді, таким чином відбувається очищення від цих домішок і, як наслідок, збагачення (збільшення калорійності) біогазу. Забруднена вода відводиться на регенерацію на ПВ 9, де відбувається видалення розчинених газів.

ТП 5.3. Конденсація вологи в газопроводі

Видалення пароподібної води з біогазу відбувається в трубопроводі Кд-16, що знаходиться на глибині 1 м під землею. За рахунок перепаду температур волога конденсується на стінках трубопроводу звідки збирається в збірник та відводиться до стадії ПВ 9. Ключовою умовою здійснення процесу конденсації води є нахил труб під кутом $2-4^\circ$, так як конденсат у іншому випадку не буде надходити до збірника. Вологість біогазу після осушення повинна становити не більше 0,2 %.

ТП 5.4. Збір очищеного біогазу в газгольдері

Очищений газ стискається до 0,5 МПа і надходить у газгольдерів Г-18 високого тиску, що є стійкими до перепаду температур та виконані із PVC. Об'єм газгольдерів – 1000 м³, кількість газгольдерів – 3. Тривалість перебування біогазу у газгольдерах – 4 год 30 хв.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТП 6. Отримання електроенергії та тепла.

Для отримання електроенергії та тепла біогаз спалюють у блочній когенераційній установці Кг-19. Теплота, яка утворюється при горінні, використовується для приготування пари, що подається в паровий інжектор. М-11 для нагрівання реакційної суміші до температури 35 ± 5 °С. Отримана електроенергія надходить в мережу, на живлення потужностей на виробництві. Залишкова теплота газів, що утворюються в процесі спалювання біогазу також може використовуватися для підготовки гарячого повітря для сушіння твердих добрив на стадії ТП 7.2.

ТП 7. Обробка збродженого залишку

Зброджений субстрат в подальшому (після відповідної обробки) придатний до використання як якісне добриво, яке також сприяє підвищенню якості ґрунтів.

ТП 7.1. Зневоднення на фільтр-пресі

Зброджений субстрат відбирається за допомогою насосу для гною Н-20, який подає його на фільтр-прес Фп-21 для зневоднення. Під час пресування утворюється фільтрат, який подається на стадію ПВ 8 для усереднення з іншими рідкими відходами. Отриманий спресований осад (вологість 75-80 %) подається до сушарки Сб-24.

ТП 7.2. Сушіння

Спресований осад, отриманий на попередній стадії, транспортується до барабанної сушарки Сб-24. Як теплоносії використовують нагріте повітря зі стадії ДР 1.2. Температура сушіння — 130°С. Кінцева вологість висушеного продукту після етапу сушіння становить 10-15%. Використане повітря осушується від конденсату та подається на рециркуляцію для нагрівання до ДР 1.2, конденсат що утворився подається до Зб-10 на ДРЗ для розбавлення суміші для зброджування до необхідної вологості.

ПВ 8. Накопичення та усереднення рідких добрив

Отриманий після етапу зневоднення збродженого осаду на фільтр-пресі (стадія ТП 7.1) фільтрат та конденсат від конденсатора Кд-16, подається для накопичення до лагуни Л-23. З лагуни усереднені рідкі добрива з вмістом сухих

					ББ-311мп.МД.ПЗ	31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

речовин 0,04% можуть відразу завантажувати в цистерни і відправлятися на реалізацію.

ПВ 9. Регенерація води з абсорбера

Очистку відпрацьованої води з абсорбера Аб-15 проводять при 9 бар шляхом нагрівання до 30°C, оскільки розчинність газів у рідині суттєво знижується при підвищенні її температури, то адсорбовані на ТП 5.2 гази виділяються з води. Регенерована вода подається назад до ТП5.2 Виділені гази збирають та передають на утилізацію на хімічне підприємство.

3.2 Сировина та матеріали

В підрозділі наведена характеристика сировини та матеріалів, що використовуються при виробництві біогазу. В таблиці 3.1 вказані параметри, що регламентують вимоги до якості основної та допоміжної сировини, а також матеріалів.

Таблиця 3.1 – Характеристика сировини та матеріалів.

Назва	НТД, за яким перевіряється сировина	Нормативне значення показників, які обов'язкові для перевірки	Прим.
1.Основна сировина:			
1.1. Гній ВРХ	-	Вологість — 91%	-
1.2. Солома пшениці	-	Вологість — 15%	-
2. Допоміжна сировина:			
2.1. Вода водопровідна	ДержСанПін 2.2.4-171-10	Вміст залишкового вільного хлору 0,3-0,5 мг/дм ³ , залишкового зв'язаного хлору — 0,8-1,2 мг/дм ³	-

					ББ-311мп.МД.ПЗ	32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Матеріали:			
3.1 Мішки для твердого біодобрива	ГОСТ 23954-80	-	-

3.3 Матеріальний баланс

Поголів'я тварин – 5000 ВРХ.

Вихід гною на 1 тварину на добу – 35 кг

Відносна вологість гною – 91%

Відносна вологість соломи пшениці – 15%

Система гноєвидалення – самосплав.

Вихід гною за добу та за рік.

$$m_{\text{доб}} = N_{\text{т}} \cdot m_{\text{пит}} = 5000 \cdot 35 = 175000 \text{ кг/доб (1)}$$

де $N_{\text{т}}$ – кількість тварин; $m_{\text{пит}}$ – питомий вихід гною на 1 тварину.

Перераховуючи у об'єм добове утворення гною буде становити:

$$V_{\text{доб}} = \frac{175000}{1020} = 171,57 \text{ м}^3 (2)$$

де $p = 1020 \text{ кг/м}^3$.

Враховуючи, що вихід екскрементів на 1 тварину за добу становить 35 кг (за вологості екскрементів 91%), то **маса сухих речовин** дорівнює:

$$m_{\text{с1сух}} = m_{\text{доб}} \cdot 0,09 = 3,15 \text{ кг} (3)$$

і для **всього поголів'я** буде становити:

$$m_{\text{сух}} = 3,15 \cdot 5000 = 15750 \text{ кг} (4)$$

Для отримання субстрату із використанням соломи пшениці у співвідношенні 8:1 вологість якої дорівнює 15% **необхідно соломи**:

$$m_{\text{с}} = \frac{m_{\text{доб}}}{8} = \frac{175000}{8} = 21875 \text{ кг} (5)$$

де **маса сухих речовин** у соломі пшениці становить:

$$m_{\text{сух}} = m_{\text{с}} \cdot 0,85 = 21875 \cdot 0,85 = 18593,75 \text{ кг} (6)$$

					ББ-311мп.МД.ПЗ	33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А на одну тварину:

$$m_{c1\text{сух}} = \frac{m_{\text{ссух}}}{5000} = \frac{18593,75}{5000} = 3,72 \text{ кг} (7)$$

Маса суміші з вологістю 95% на одиницю поголів'я становитиме:

$$m_{95} = \frac{m_{\text{г1сух}} \cdot 100}{x} + \frac{m_{c1\text{сух}} \cdot 100}{x} (8)$$

Де x – вміст сухої речовини у відсотках:

$$x = 100 - 95 = 5 (9)$$

Тоді:

$$m_{95} = \frac{3,15 \cdot 100}{5} + \frac{3,72 \cdot 100}{5} = 137,4 \text{ кг/добу} (10)$$

Маса суміші на все поголів'я:

$$m_{95} = \frac{m_{\text{гсух}} \cdot 100}{x} + \frac{m_{\text{ссух}} \cdot 100}{x} =$$

$$\frac{15750 \cdot 100}{5} + \frac{18593,75 \cdot 100}{5} = 686875 \frac{\text{кг}}{\text{добу}} (11)$$

Тоді **маса води, яку необхідно додати** для розбавлення субстрату до вологості 95%:

$$m_{\text{води}} = m_{95} - m_{\text{с}} - m_{\text{доб}} = 686875 - 21875 - 175000 = 490000 \frac{\text{кг}}{\text{добу}} (12)$$

Загальний об'єм води для розбавлення:

$$V_{\text{води заг}} = \frac{m_{\text{води}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{490000}{1000} = 490 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}} (13)$$

де $\rho_{\text{в}} = 1000$ – густина води кг/м^3 .

Загальний об'єм субстрату після розбавлення:

$$V_{\text{заг}} = \frac{m_{95}}{\rho_{\text{с}}} = \frac{686875}{910} = 754,8 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}} (14)$$

де $\rho_{\text{с}} = 910$ – густина суміші гною і соломи, кг/м^3

Матеріальний баланс виробництва біогазу з гною ВРХ та соломи пшениці наведено в Табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Матеріальний баланс виробництва біогазу з гною ВРХ та

					ББ-311мп.МД.ПЗ	34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

соломи пшениці

Стадія	Використано				Отримано			
	Назва сировини, матеріалів, напівпродуктів	Кількість			Назва кінцевого продукту чи напівпродукту, відходів і витрат	Кількість		
		м ³	ш т	кг		м ³	ш т	кг
ДР5.1 ДР5.2	Гній ВРХ			175000	Гомогенізован ий субстрат			686875
	Солома пшениці			21875				
	Вода водопровідна			479667				
	Конденсат			10333				
	Всього			686875	Всього			245885
ТП6	Гомогенізований субстрат			686875	Зброджений осад			652119,1
					Біогаз	24384,06		29260,87
					Втрата сировини для отримання біогазу			3774,04
	Всього			686875	Всього			686875
ТП7	Неочищений біогаз	24384,06		29260,87	Очищений біогаз			11792,79
					Конденсат			240,67
					Інші домішки			17468,08
	Всього			29260,87	Всього			29260,87

					ББ-311мп.МД.ПЗ	35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

ПВ10	Зброджений осад			652119,1	Конденсат			10333
					Рідке добриво (фільтрат)			636020
					Тверде добриво			5681
					Втрати			83
	Всього			652119,1	Всього			652119,1

					ББ-311мп.МД.ПЗ	36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

Вибір метантенка

Розраховуємо об'єм метантенка:

$$V = \frac{V_{\text{заг}} \cdot 100}{D} = \frac{754,8 \cdot 100}{10} = 7548 \text{ м}^3 (15)$$

де D – доза завантаження сировини за добу, приймається значення 10%.

Отже, загальний необхідний об'єм метантенка становить 7548 м^3 , тому обираємо 3 метантенка з корисним об'ємом 2500 м^3 .

Вибір газгольдера

Загальна маса сухої речовини субстрату:

$$m_{\text{ср}} = \frac{x \cdot m_{95\%e}}{100} + \frac{x \cdot m_{95c}}{100} = \frac{5 \cdot 315000}{100} + \frac{5 \cdot 371875}{100} = 34343,75 \text{ кг} (16)$$

Вихід біогазу за добу:

$$V_{\text{б}} = n_{\text{б}} \cdot m_{\text{ср}} = 0,71 \cdot 34343,75 = 24384,06 \text{ м}^3 (17)$$

де $n_{\text{б}}$ – вихід метану із суміші соломи та гною, $\text{м}^3/\text{кг}$,

$$m_{\text{б}} = V_{\text{б}} \cdot \rho = 24384,06 \cdot 1,2 = 29260,87 \text{ кг} (18)$$

де ρ – густина біогазу.

Після очищення до вмісту метану 96 %, об'єм біогазу становитиме: 11792,76 кг, при густині $0,78 \text{ м}^3/\text{кг}$, об'єм очищеного біогазу становитиме $15118 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Тривалість зберігання очищеного біогазу в газгольдері високого тиску становить 4 год 30 хв тому обираємо 3 газгольдери об'ємом 1000 м^3 .

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фесюк О.І.					37	76
Перевір.		Зубченко Л.С.						
Керів.		Зубченко Л.С.						
Затверд.								
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		

Тепловий розрахунок

Визначення кількості теплоти, що необхідна для підігріву субстрату, у метантенку до обраного температурного режиму на добу:

$$(T_{\text{пр}} - T_{\text{заг}}) \cdot \frac{1}{\eta} = Q_{\text{під}} = m_{95} \cdot C_c \cdot T$$
$$686875 \cdot 4,07 \cdot 10^{-3} (309 - 298) \cdot \frac{1}{0,7} = 43 \text{ МДж (19)}$$

де $C_c = 4,07 \cdot 10^{-3} \text{ МДж / (кг} \cdot \text{К)}$ – середня теплоємність субстрату;

$T_{\text{пр}}$ – температура процесу зброджування, °К;

$T_{\text{заг}}$ – температура субстрату, який завантажується °К;

$\eta = 0,7$ – коефіцієнт корисної дії процесу;

Кількість теплоти, що втрачається субстратом через стінку реактора на зовні:

Літом:

$$Q_{\text{суб}} = k \cdot F \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{зем}}) = 1 \cdot 501,153 \cdot (309 - 289) = 10023 \text{ Вт/год (20)}$$

Зимою:

$$Q_{\text{суб}} = k \cdot F \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{зем}}) = 1 \cdot 501,153 \cdot (309 - 276) = 16538 \text{ Вт/год (21)}$$

Середнє арифметичне:

$$Q_{\text{субсер}} = \frac{10023 + 16538}{2} = 13280,5 \frac{\text{Вт}}{\text{год}} = 47,8 \text{ МДж (22)}$$

де $k = 1 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$ - коефіцієнт тепловіддачі;

$T_{\text{пов}}$ – температура навколишнього повітря, К;

F – площа поверхні теплообміну метантенка:

$$F = \pi 2 R H_{\text{ц}} + \pi R \sqrt{R^2 + H_{\text{ц}}^2} + \pi R \sqrt{R^2 + H_{\text{с}}^2} =$$
$$3,14 \cdot 2 \cdot 6,15 \cdot 6,5 + 3,14 \cdot 6,15 \cdot \sqrt{6,15^2 + 2,15^2} + 3,14 \cdot 6,15 \cdot$$
$$\sqrt{6,15^2 + 1,9^2} = 251,043 + 125,81 + 124,3 = 501,153 \text{ м}^2 \text{ (23)}$$

де R – радіус метантенка

$$R = \frac{D}{2} = \frac{12,3}{2} = 6,15 \text{ м (24)}$$

$H_{\text{ц}}$ – висота циліндричної частини метантенка;

H_n – висота нижнього конуса метантенка;

H_v – висота верхнього конуса метантенка;

Конструктивні розміри метантенка беремо для типового метантенка об'ємом 2500 м³ [7].

Кількість теплоти, що втрачається, розраховується з використанням максимальної температури у найхолодніший і найтепліший день у році. Враховуючи, що частина метантенка (верхній конус) знаходиться над землею (хоч і містить шар теплоізоляційного матеріалу - шлаку), а частина під землею на глибині до 10 м. Для розрахунку приймаємо усереднене значення температури на глибині 1,6 м: $T_{зем} = 16$ °С (літом) і $T_{зем} = 3$ °С (зимою)

Загальна витрата енергії за добу:

$$Q_{заг} = Q_{під} + Q_{субсер} + Q_{мех} = 43 + 38,74 + 144 = 225,74 \text{ МДж (25)}$$

де $Q_{мех}$ – витрати енергії на роботу механічних мішалок. На підставі експериментальних даних приймається значення 144 МДж

Кількість отриманої теплової енергії з біогазу за добу:

$$Q_{вир} = V_6 \cdot C_6 = 24384,06 \cdot 31,8 = 775413,1 \text{ МДж (26)}$$

де $C_6 = 31,8$ МДж/м³ – нижча теплота згоряння біогазу.

Енергетичний ефект:

$$E_6 = Q_{вир} - Q_{заг} = 775413,1 - 225,74 = 775187,36 \text{ МДж (27)}$$

В результаті приймаємо, згідно отриманих обчислень:

- 3 метантенка на 2500 м³, із діаметром 17,5 м та висотою споруди – 13,55 м.
- 3 газгольдера об'ємом 1000 м³

Маса сухої речовини суміші після зброджування:

$$m_{збр} = m_{сп} - m_6 = 34343,75 - 29260,87 = 5082,88 \text{ кг (28)}$$

					ББ-311мп.МД.ПЗ	39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зневоднення суміші

На стрічковому фільтр-пресі зброджена суміш зневоднюється до вологості 70%.

Після чого **маса кеку за сухою речовиною** становить:

$$m_{\text{кек}} = m_{\text{збр}} \cdot 0,95 = 5082,88 \cdot 0,95 = 4829 \text{ кг} (29)$$

Де 0,95 – коефіцієнт, що враховує ефективність затримання сухої речовини.

Маса кеку при вологості 70% становить:

$$m_{\text{кек.70}} = \frac{m_{\text{кек}} \cdot 100}{30} = \frac{4829 \cdot 100}{30} = 16097 \text{ кг} (30)$$

Маса фугату:

$$m_{\text{ф}} = m_{95} - m_{\text{б}} - m_{\text{кек.70}} - m_{95} \cdot Z = 686875 - 29260,87 - 16097 - 686875 \cdot 0,008 = 636022 \text{ кг} (31)$$

Маса сухої речовини, що залишилась в фугаті:

$$m_{\text{фсух}} = m_{\text{збр}} \cdot 0,05 = 5082,88 \cdot 0,05 = 254,14 \text{ кг} (32)$$

Вміст сухої речовини в фугаті:

$$C_{\text{фсух}} = \frac{m_{\text{фсух}}}{m_{\text{ф}}} \cdot 100 = \frac{254,14}{636022} \cdot 100 = 0,04 (33)$$

Отже зі збродженого субстрата отримуємо 636022 кг рідких біодобрих з вмістом сухих речовин 0,04%.

Тверді біодобрива являють собою кек, висушений до вологості 15%, тоді **загальна маса твердих добрив** становитиме:

$$M_{\text{ар}} = \frac{m_{\text{кек}} \cdot 100}{85} = \frac{4829 \cdot 100}{85} = 5681 \text{ кг} (34)$$

Маса конденсату, що утвориться при сушінні:

$$m_{\text{конд}} = m_{\text{кек.70}} - M_{\text{ар}} = 16097 - 5681 = 10416 \text{ кг} (35)$$

					ББ-311мп.МД.ПЗ	40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса з врахуванням втрат:

$$m_{\text{конд}} = m_{\text{конд}} \cdot 0,992 = 10416 \cdot 0,992 = 10333 \text{ кг (36)}$$

Необхідна кількість води для розбавлення до необхідної вологості становить 490000 кг тобто конденсату недостатньо для розбавлення субстрату, тому додатково додають водопровідну воду.

Маса води, яку необхідно додати для розбавлення субстрату становить:

$$m_{\text{води1}} = m_{\text{води}} - m_{\text{конд1}} = 490000 - 10333 = 38677 \text{ кг}$$

					ББ-311мп.МД.ПЗ	41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗАЦІЯ СТАДІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ

Автоматизація - це сукупність методів і засобів, що дозволяють здійснювати управління самим технологічним процесом без безпосередньої участі людини, або зведення втручання людини до мінімуму, для прийняття найбільш відповідальних рішень.

Основною метою автоматизації, насамперед, є скорочення чисельності робочого персоналу, що дозволяє підвищити точність протікання технологічних процесів та уникнути помилок у виробничому процесі, які можуть виникнути через людський фактор. Також цілями автоматизації є збільшення обсягів та підвищення якості продукції виробництва, зниження витрат сировини та підвищення ефективності виробничого процесу, підвищення безпеки та екологічності виробництва тощо.

Автоматизація виробництва передбачає впровадження безпечних та високоефективних, простих щодо влаштування та управління технологій, які можуть забезпечити виробництво якісної продукції, зменшити кількість браку та відходів тощо. Також впровадження технологій автоматизації дає можливість покращити ефективність виробництва знизивши собівартість продукції та збільшивши продуктивність праці.

Для ефективного проведення автоматизації процесу виробництва біогазу необхідне застосування спеціальних сенсорів та систем для моніторингу та підтримки необхідних значень параметрів анаеробного бродіння (температура середовища в ферментері, температура води, що подається, рівень рН, тощо).

Не менш важливою для ефективної роботи біогазової установки є автоматизація подачі біомаси для збродження. Щоб уникнути надмірної подачі субстрату та переогодовування мікроорганізмів, необхідно рівномірно подавати субстрат в ферментер, тобто подавати через короткі інтервали часу. Для цього

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗАЦІЯ СТАДІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фесюк О.І.					42	76
Перевір.		Погребняк						
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Керів.		Зубченко Л.С.						
Затверд.								

необхідно використовувати автоматизовані системи подачі, які розраховані на певні часові інтервали.

5.1 Основні рішення з автоматизації

Стадія зброджування вимагає контролю та регуляції таких параметрів:

- температурного режиму середовища у метантенку;
- рН субстрату, що зброджується в метантенку;
- тиску у метантенку;
- частоти обертання мішалки;
- рівня субстрату, що надходить в метантенк.

Контроль і регулювання параметрів процесу забезпечується сенсорами та приладами робочого обладнання, а також регулювальними приладами встановленими на трубопроводах та на пульті керування.

5.2 Автоматичне регулювання

Регулювання температури у метантенку

За допомогою термоелектричного перетворювача ТХАУ-0289 (поз. 8-1) проводиться вимірювання температури середовища у метантенку. Діапазон вимірювання: $0 \div 200^{\circ}\text{C}$. Мікропроцесорний регулятор МИК-21 (поз. 8-2) приймає уніфікований аналоговий сигнал 4-20 мА від первинного датчика, показує його та формує регулюючий сигнал. Виконавчий прилад МЕО 6,3/10-0,25 (поз. 8-5), що змінює подачу теплоносія, запускається за допомогою безконтактного пускача ПБР-2М (поз. 8-4). За несправності автоматичного регулятора, використовується блок ручного керування БРУ-5-3-0-24 (поз. 8-3). Підключення або відключення контуру відбувається за допомогою кулачкових перемикачів ланцюга живлення (SA1) [13].

Регулювання рН субстрату

Для вимірювання рівня рН субстрату використовують датчик рН П-02С (поз. 5-1), який працює в комплекті з промисловим рН-метром рН-101П (поз. 5-2). Діапазон вимірювання: 0-14. Уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від рН-

					ББ-311мп.МД.ПЗ	43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

метру надходить до мікропроцесорного регулятора МИК-21 (поз. 5-3), який забезпечує ПІД-імпульсне регулювання. Через безконтактний пускач ПБР-2М (поз. 5-4) забезпечується робота виконавчого приладу МЕО 6,3/10-0,25 (поз. 5-5), який забезпечує подачу сировини у ферментер при зниженні рН. При відхиленні рівня рН від необхідного діапазону вмикається попереджувальна сигналізація.

Регулювання тиску

Тиск у метантенку вимірюється датчиком Сафір М 2040 (поз. 7-1), який знаходиться безпосередньо в реакторі. Діапазон вимірювання приладу: 0,01-0,25 МПа. Регулювання тиску до необхідних показників відбувається за допомогою мікропроцесорного регулятора МИК-21 (поз. 7-2). Також є можливість ручного регулювання за допомогою БРУ-5-3-0-24 (7-3).

Регулювання частоти обертання мішалки

Інструментальним енкодером OG 6 (поз. 6-1) визначають кількість імпульсів за один оберт валу турбінної мішалки, тобто її швидкість обертання. На мікропроцесорному регуляторі МИК-21 (поз. 6-2) регулюється частота обертів. Його сигнал (через блок ручного керування БРУ-5-3-0-24 (поз. 6-3)) надходить до частотного перетворювача CFM210P (поз. 6-4). Потім, напруга 220 В з частотою 10-50 Гц надходить в двигун.

Регулювання рівня субстрату у метантенку

Рівень біомаси у реакторі вимірюють радарним рівнеміром Burkert 8136 (поз. 3-1). Діапазон вимірювання: 0-20 м. Через мікропроцесорний регулятор МИК-21 (поз. 3-2) та безконтактний пускач ПБР-2М (поз. 3-4) вихідний аналоговий сигнал 4-20 мА керує роботою виконавчого приладу МЕО 6,3/10-0,25 (поз. 3-5). Також доступне ручне керування за допомогою блоку ручного регулювання БРУ-5-3-0-24 (3-3). За відсутності сигналу відбувається перекриття трубопроводу, через який здійснюється подача води.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Технологічна сигналізація та захист

Сигналізація представлена у вигляді світлових сигналів різного кольору та звукового оповіщення у наступних випадках [13]:

- при критичному підвищенні тиску в трубопроводі (HL-1 – жовтий колір);
- при відхиленні рівня рН від необхідного діапазону (HL-2 – жовтий колір).
- при підвищенні або зниженні температури у метантенку (синій колір — зниження температури (HL-3), підвищення — жовтий колір (HL-4)).

5.4 Дистанційне керування

Принцип роботи біогазової установки передбачає максимальну автоматизацію та зведення до мінімуму витрат людської праці. Однак, для процесів пов'язаних з приготуванням субстрату для зброджування недоцільно робити автоматичне регулювання, тому для цього використовують дистанційне управління. Таким чином регулюються витрати вихідного субстрату (поз. 4-1, 4-2, 4-3), що буде зброджуватися та витрати теплоносія (поз. 2-1, 2-2, 2-3).

Дані контури регулювання працюють за одним принципом: за допомогою безконтактного пускача ПБР-2М з блоку ручного управління БРУ-5-3-0-24 запускається виконавчий прилад МЕО 6,3/10-0,25. Специфікація приладів та засобів автоматизації подана в таблиці 5.1.

Специфікація контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації наведена у табл. 5.1.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Специфікація контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації стадії зброджування суміші гною ВРХ та соломи пшениці

Поз.	Назва параметру	Назва приладу, технічна хар-ка	Тип моделі	Місце монтажу	Допустимі значення	К-сть	Виробник, постачальник
1-1	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	ТОВ «Мікрол», м. Івано-Франківськ
2-1		Блок ручного керування	БРУ-5-3-0-24	На щиті		8	ТОВ «Мікрол», м. Івано-Франківськ
3-3							
4-1							
6-3							
7-3							
8-3							
2-2	Пускач безконтактний	ПБР-2М	За місцем		8	ТОВ «Дисотрон», м. Запоріжжя	
3-4							
4-2							
5-4							
8-4							

Продовження таблиці 5.1

					ББ-311мп.МД.ПЗ	46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2-3		Прилад	МЕО			6	ТОВ
3-5		виконавчий	6,3/10-				«Пром-
4-3			0,25				прилад»,
5-5							м. Харків
8-5							
3-1	Рівень рідини у реакторі	Радарний рівнемір вих = 4-20 мА t = -40-+80 C	Burkert 8136		0-20 м	1	ТОВ «Техно- лайф», м. Бровари
3-2			МИК-	На		6	ТОВ
5-3			21	щиті			«Мікрол»,
6-2							м. Івано-
7-2							Франківськ
8-2							
5-1	рН середо- вища у реакторі	Датчик рН t = 0-120 °C	П-02С	За місцем	0-14	1	ТОВ «ВП Діліс», м. Обухів
5-2		рН-метр промисло- вий t = 0-120°C вих = 4-20 мА	рН- 101П	На щиті		1	ТОВ «ВП Діліс», м. Обухів

					ББ-311мп.МД.ПЗ	47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6-1	Частота обертів мішалки	Інкрементальний енкодер	OG 6	За місцем	100-512 імпл./об.	1	Habner- Digital- Tacho, м. Берлін
6-4		Частотний перетворювач	CFM21 0P	За місцем		1	ТОВ “АС ПРИВОД” м. Дніпро
8-1	Температура у реакторі	Термо- електричний перетворювач вих = 4-20 мА	ТХА У- 0289	За місцем	0-200°C	1	НВО «Електро- термія», м. Луцьк
SA1	Підключення або відключення контур	Кулачковий перемикач ланцюга живлення МП1	4G25- 10- US5- R112	За місцем		1	м. Івано- Франківсь, вул.Красів- ського, 20
9-1	Захист, сигналізація	Звукова сигналізація	ПП12	На щиті	220-380В	1	Habner- Digital- Tacho, м. Берлін

РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА СТАРТАП – ПРОЕКТУ

6.1 Резюме

У світовій практиці видобутку палива та електроенергії накопичено достатній досвід використання відновлюваних джерел енергії. Найбільш перспективним екологічним паливом є біогаз, зацікавленість яким останніми роками продовжує зростати. Біотехнології утворення біогазу дозволяють вирішити не тільки питання енергозабезпечення але й ряд екологічних проблем.

Виробництво біогазу внаслідок переробки відходів великої рогатої худоби забезпечує:

- одержання екологічно чистих органічних добрив, позбавлених патогенної мікрофлори, яєць гельмінтів, насіння бур'янів, нітритів та нітратів, специфічних запахів;
- поліпшення засвоюваності добрив та підвищення врожайності за рахунок мінералізованого фосфору, калію та інших біогенних мікроелементів;
- ефективний розвиток органічного землеробства країни. Стійкість виробництва електроенергії з біогазу протягом року дозволяє покривати пікові навантаження в енергетичній мережі.

Основним способом застосування біогазу є перетворення його на джерело теплової, механічної та електричної енергії. На біогазі можуть працювати газоспалюючі пристрої, що виробляють енергію, яка використовується для опалення, освітлення, для роботи водонагрівачів, газових плит та двигунів внутрішнього згорання. Споживачами продукції стартапу є юридичні особи.

КВЕД: Клас 35.21 - Виробництво газу.

Мета проекту: вибір найбільш оптимальної та конкурентно спроможної технології переробки гною ВРХ з виділенням біогазу.

Об'єкт дослідження: технологія отримання біогазу з гною ВРХ.

					ББ-311мп.МД.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ		
Розроб.		Фесюк О.І.					
Перевір.		Погребняк					
Керів.		Зубченко Л.С.					
Затверд.							
					Стадія	Арк.	Акрушів
						49	76
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		

Цінність розробки полягає у екологічному виробництві біогазу, як альтернативи невідновлюваним джерелам енергії, що також підвищить рентабельність аграрних холдингів, за рахунок економії на утилізації відходів та власному забезпеченні енергією.

Суспільна цінність полягає в вирішенні екологічних проблем пов'язаних з утриманням великої рогатої худоби на тваринницьких підприємствах.

6.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Таблиця 6.1 – SWOT – аналіз

Внутрішнє середовище	Зовнішнє середовище
Переваги	Можливості
Наявність постійної матеріальної бази	Доступність інвестицій і кредитів
Виробництво відновного джерела енергії у вигляді біогазу	Підтримка урядом еко-проектів
Поліпшення екологічного становища поблизу тваринницьких підприємств	Зниження використання вичерпних енерго-ресурсів
Можливість супутнього виробництва високоякісних добрив	Можливості використання модернізованого обладнання
	Можливість виходу на міжнародний ринок.
Недоліки	Загрози
Недостатній рівень кваліфікації працівників підприємства	Можливий економічний занепад країни
Використання застарілого обладнання	Високі темпи інфляції національної валюти
Необхідність запозичення технологій виробництва в зарубіжних партнерів	Несприятлива, щодо еко-проектів, економічна політика

Таблиця 6.2 – Оцінка впливу суб'єктів зовнішнього та внутрішнього середовищ на стартап-проект

Зацікавлена сторона	Вплив її на реалізацію проекту	Цікавість її до проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проєкт
Суб'єкти зовнішнього оперативного середовища			
Виробник	10	10	1
Постачальник	10	8	0,8
Споживачі	10	7	0,7
Посередники	8	8	1
Зовнішнє середовище			
Політичні структури	8	6	0,48
Суб'єкти економічного середовища	7	7	1
Власники географічних об'єктів	9	8	0,72
Суб'єкти НТП	8	7	0,56

6.3 Визначення ключових факторів успіху проєкту

Таблиця 6.3 – Оцінка конкурентоспроможності продукції підприємства за методом Шонфільда

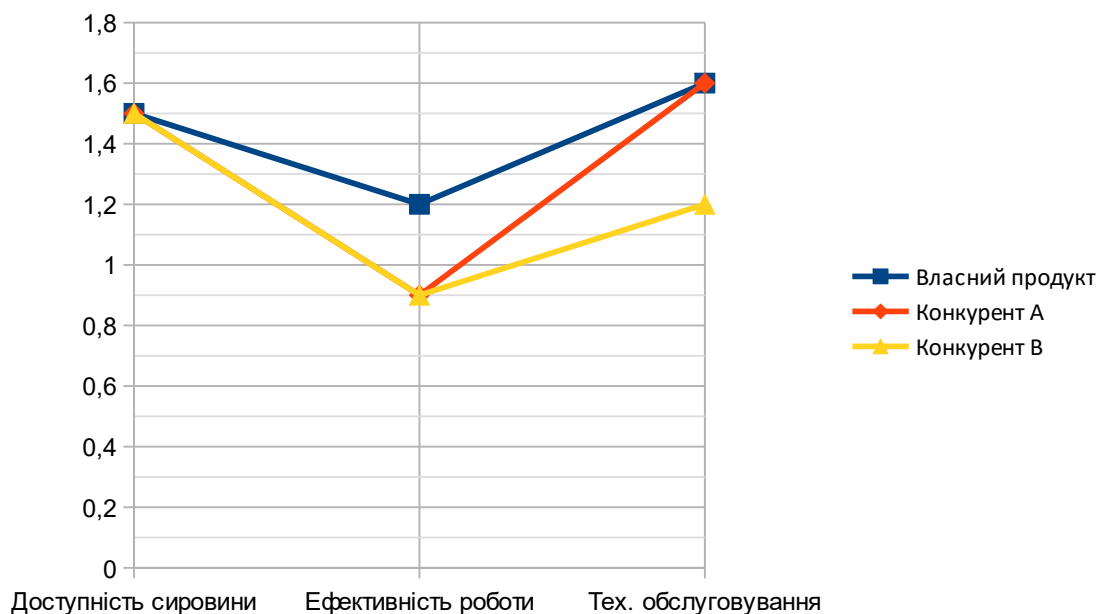
Характеристик и	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка характеристик		
		Власної продукції	Продукції конкурента А	Продукції конкурента Б
Доступність сировини	0,3	5	5	5
Ефективність роботи підприємства	0,4	4	4	3
Технічне обслуговування обладнання	0,3	5	3	3

Таблиця 6.4 – Оцінка конкурентоспроможності продукції з урахуванням коефіцієнту вагомості

Характеристики	Бальна оцінка характеристик		
	Власної продукції	Продукції конкурента А	Продукції конкурента Б
Доступність сировини	$0,3 \cdot 5 = 1,5$	$0,3 \cdot 5 = 1,5$	$0,3 \cdot 5 = 1,5$
Ефективність роботи підприємства	$0,4 \cdot 4 = 1,6$	$0,4 \cdot 4 = 1,6$	$0,4 \cdot 3 = 1,2$
Технічне обслуговування обладнання	$0,3 \cdot 5 = 1,5$	$0,3 \cdot 3 = 0,9$	$0,3 \cdot 3 = 0,9$

На основі отриманих бальних оцінок (табл. 6.4) побудовано графік для порівняння конкурентних характеристик власного підприємства з конкурентами (рис.6.1).

Рисунок 6.1 – Порівняння конкурентних характеристик підприємства з конкурентами



Завдяки цьому методу, ми визначили слабкі сторони нашого виробництва та конкурентів та порівняли їх. Основна наша перевага – це високий рівень технологічного обслуговування обладнання.

Таблиця 6.5 – Паспорт потенційного клієнта

Критерій	Значення
Юридична особа	
1. Форма власності (державне, приватне, колективне, комунальне, змішане,...)	Приватне, змішане
2. КВЕД	35.21 – Виробництво газу
3. За потужністю (малі, середні, великі)	Великі, середні, малі

4. За масштабом виробництва (одиничні, серійні, масові)	Масові, серійні
5. За рівнем спеціалізації (вузькопрофільні, багатoproфільні, комбіновані)	Вузькопрофільні, комбіновані, багатoproфільні
6. За ресурсами, що споживаються (працемісткі, матеріаломісткі, капіталомісткі, інформація)	Працемісткі
7. За чисельністю персоналу (малі, середні, великі)	Малі, середні, великі
8. За сферою діяльності (виробничі, комерційні, фінансові, посередницькі, страхові...)	Виробничі, посередницькі
9. За приналежністю капіталу і контролю (національні, іноземні, спільні багатонаціональні,...)	Національні, іноземні, спільні багатонаціональні
10. За географічним розташуванням	На території України
11. За віддаленістю органів управління (національні, міжнародні, офшорні, транснаціональні,...)	Національні, міжнародні, транснаціональні
12. За характером господарської діяльності (промислові, сільськогосподарські, транспортні, будівельні, фінансово-кредитні, страхові, туристичні, консалтингові...)	Промислові, сільськогосподарські
13. За рівнем технологічної цілісності (провідні, дочірні, філії,...)	Філії, дочірні

					ББ-311мп.МД.ПЗ	54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. За долею іноземного капіталу (з іноземними інвестиціями (більше 10%), іноземне підприємство (100%)).	< 40%
15. За формуванням статутного капіталу (унітарні, корпоративні)	Корпоративні
16. За організацією виробничих процесів (періодичні, безперервні)	Періодично, безперервні
17. За роботою протягом року (сезонні, позасезонні)	Позасезонні
18. За географічним розташуванням на території України	Територія України
19. За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи: —Регіон —Чисельність населення —Динаміка росту регіону —Структура регіону —Правові обмеження торгівлі	Областні райони України

2. Фізична особа	
1. Вік	Повнолітні особи
2. За сплатоспроможністю	Всі
3. За соціальним рівнем споживачів: — Кількість майна — Рівень зарплати — Доступ до ресурсів	Будь-який

					ББ-311мп.МД.ПЗ	55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. За способом життя (звички, традиції, стереотипи поведінки):	Всі
— Фізичні — Психологічні — Емоційні — Духовні — Соціальні — Інтелектуальні	
5. Тип особистості споживачів:	Всі
— Традиціоналіст — Ідеаліст — Фрустрант — Реаліст	
6. За ставленням до товару:	Зниження використання вичерпних енерго-ресурсів
— Мотивація придбання — Пошук вигоди — Ставлення до товару — Інформованість про товар — Інтенсивність споживання	Здешевлення продукту
товару	Позитивне та розуміюче споживання
7. За сімейними цінностями:	Зростаюча
— Склад сім'ї — Рівень сімейного доходу — Етап життєвого циклу сім'ї	Будь-який
8. За співвідношенням бажання придбати і цінової межі (порівняти цифри парами «місячний дохід – вартість одиниці товару»)	3 9,79 грн/м

					ББ-311мп.МД.ПЗ	56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. За інтенсивністю споживання товару	Систематичне придбання
---------------------------------------	------------------------

Таблиця 6.6 – Запланований обсяг реалізації продукту стартап-проєкту

	Вересень,	Жовтень,	Листопад,	Грудень, 2022	Січень, 2023	Лютий, 2023	Березень,	Квітень, 2023	Травень, 2023	Червень, 2023	Липень, 2023	Серпень, 2023
Запланований обсяг	468474	468474	468474	468474	468474	468474	468474	468474	468474	468474	468474 _{м3}	468474 _{м3}

Таблиця 6.7 – Розрахунок ціни товару на ринку

Найменування товару	Планові обсяги продажу		Аналоги, прототипи	
	Кількість, од	Ціна, грн/од	Кількість, од	Ціна, грн/од
Біогаз	За куб	9,79	Природний газ 3 за м	9,95

Методи ціноутворення:1. Метод, орієнтований на витрати (*витратний метод*):

$$Ц = С + \text{фіксований відсоток прибутку}$$

де Ц – прогнозована ціна товару, грн/од

С – розрахована очікувана собівартість товару, грн/од

$$Ц = 9,95 \cdot 1,03 = 10,24 \text{ грн/од}$$

Ціна при виході на планову потужність:

$$Ц = 9,79 + 9,79 = 19,58 \text{ грн/од}$$

					ББ-311мп.МД.ПЗ	57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. *Агрегатний метод* – застосовується до товарів із складових елементів

$$Ц_1 + Ц_2 + \dots + Ц_i, \text{ [грн/од]},$$

Ціна на етапі впровадження:

$$Ц = 9,79 \text{ грн/од}$$

Ціна при виході на планову потужність складає:

$$Ц = 12,77 \text{ грн/од}$$

3. *Параметричний метод* – враховує вагомість якісних параметрів товару і оцінку цих параметрів товару і оцінку цих параметрів споживачем.

Таблиця 6.8 – Розрахунок ціни параметричним методом

Продукт	Параметри						Ціна
	1	2	3				
	ба	Коефі	Б	Коефі	Б	Коефі	9,79
	ли	цієнт	али	цієнт	али	цієнт	
		вагомості		вагомості		вагомості	
Аналог	40	0,3	65	0,3	75	0,4	$(40 \cdot 0,3 + 65 \cdot 0,3 + 75 \cdot 0,4) = 61,50$
Новий	55	0,3	75	0,3	75	0,4	$(55 \cdot 0,3 + 75 \cdot 0,3 + 75 \cdot 0,4) = 69,00$

Ціна існуючого продукту: 9,79 грн/м³

аким чином ціна розрахована параметричним методом становить:

$$Ц_{н.м.} = 9,79 \cdot \frac{69,00}{61,50} = 10,98 \text{ грн/м}^3$$

4. Метод на основі аналізу точки безбитковості.

При ціні 9,79 грн/м³ біогазу точка безбитковості досягається при продажі 15615,8 м³

					ББ-311мп.МД.ПЗ	58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

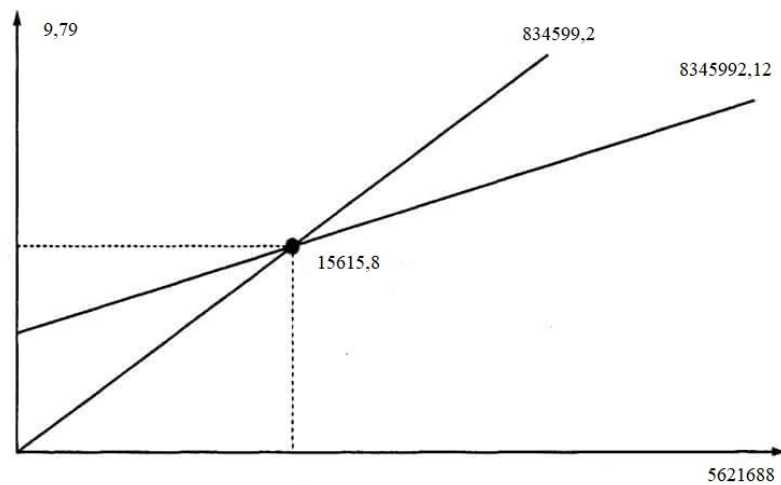


Рисунок 6.2 Графік точки беззбитковості

Таблиця 6.9 – Калькуляція собівартості продукції стартап-проекту

№п/п	Етап розробки / елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник
1.	Етап розробки ідеї		12819,6 грн / добу
	– сировина, матеріали	-	3722,10 грн / добу
	– амортизація	-	169200 рік
	– заробітна плата і нарахування (ЄСВ)	17 осіб	5187 грн/добу
	– електроенергія, паливо	-	22% 44281
	3		1,6 за Квт*год
	Собівартість з 1 м		9,79 грн
2.	Етап ринкового дослідження		12819,6 грн / добу
	– сировина, матеріали	-	3722,10 грн / добу
	– амортизація	-	169200 рік
	– заробітна плата і нарахування (ЄСВ)	17 осіб	5187 грн/добу
	– електроенергія, паливо	-	22% 44281
	3		1,6 за Квт*год
	Собівартість з 1 м		9,79 грн

Продовження таблиці 6.9

3. Етап впровадження		12819,6 грн / добу
– сировина, матеріали	-	3722,10 грн / добу
– амортизація	-	169200 рік
– заробітна плата і нарахування (ЄСВ)	17 осіб	5187 грн/добу
– електроенергія, паливо	-	22% 44281
3		1,6 за Квт*год
Собівартість з 1 м		9,79 грн
4. Етап виходу на планову потужність		12819,6 грн / добу
– сировина, матеріали	-	3722,10 грн / добу
– амортизація	-	169200 рік
– заробітна плата і нарахування (ЄСВ)	17 осіб	5187 грн/добу
– електроенергія, паливо	-	22% 44281
3		1,6 за Квт*год
Собівартість з 1 м		9,79 грн

Таблиця 6.10 – Техніко-економічні показники проекту

Показники	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку
1. Річний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	3 м	5621688
2. Середньорічна чисельність персоналу	Осіб	17

3. У тому числі:	Осіб	4
– основних		4
– допоміжних		5
– спеціалісти		4
– керівники		
4. Середньорічний виробіток робітника	3 м /особу	330687,52
5. Капіталовкладення у проект	грн	19000000
	3 грн/м	3,38
6. Повна собівартість – всього на одиницю продукції	грн	8345992,12
	3 грн/м	1,48
7. Відносний прибуток	грн	
	3 грн/м	7,40
8. Рентабельність	%	107,32
9. Період повернення капіталовкладень	років	2,5
10. Фондовіддача виробничих фондів	грн/грн	1,56
11. Фондоємкість	грн/грн	0,97
12. Продуктивність праці	$\frac{м^3}{люд. \cdot год}$	16,31
13. Коефіцієнт економічної – ефективності		1,33

6.4 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес-процесів

Таблиця 6.11 – Карта бізнес-процесів виконання стартап-проекту

Стадія	Бізнес–процеси	Характеристики
--------	----------------	----------------

					ББ-311мп.МД.ПЗ	61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реалізації стартап проєкту		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат
Розробка ідеї стартапу	Розробка стартап- проєкту	Розробників	1 місяць	15000
Реалізація ідеї	Підписання контрактів договорів Закупка матеріалів Проведення комунікацій Будівництво станції Тестування та введення в експлуатацію	Керівництво та персонал	2 місяці	600000
Впровадженн я виробництво	Продаж біогазу Продаж твердих та рідких добрив Закупка запасних матеріалів	Керівництво та персонал	1 рік	8700000
Масова реалізація	Продаж біогазу Продаж твердих та рідких добрив Закупка запасних матеріалів	Керівництво та персонал	1 рік	350000

					ББ-311мп.МД.ПЗ	62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.12 – Системний аналіз бізнес–процесів стартапу

Функції	Елементи						
	Розробник	Почальник станції	начальника станції	Почальник зміни	Спеціаліст	Робочі допоміжні	Робочі основні
Розробка стартап-проекту	+	-	-	-	-	-	-
Підписання контрактів та договорів	+	+	+	-	-	-	-
Закупка матеріалів	+	+	+	-	-	-	-
Проведення комунікацій	-	-	-	-	+	+	-
Будівництво станції	-	-	-	-	+	+	-
Тестування та введення в експлуатацію	-	-	-	+	+	+	-
Закупка запасних частин	-	+	+	-	-	-	-
Продаж біогазу	-	+	+	-	-	-	-
Продаж добрив	-	+	+	-	-	-	-

Для успішної реалізації проекту потрібно виявити можливі фактори ризику та розробити заходи, спрямовані на уникнення та зведення до мінімуму цих ризиків.

Таблиця 6.13 – Ризики інноваційної розробки

Назва процесу / стадії реалізації стартап-проекту	Бізнес–процеси	Зовнішні ризики	Внутрішні ризики
Розробка ідеї стартапу	Розробка ідеї стартап–проекту	Зміна попиту на продукцію	Невисокий рівень мотивації праці
Реалізація ідеї	Підписання контрактів та договорів	Закриття підприємств	Поява конкуруючої продукції
	Закупівля матеріалів	Ріст цін	Дефіцит коштів

Впровадження у виробництво	Проведення комунікацій	Ріст цін	Дефіцит коштів
	Будівництво станції	Ріст цін	Дефіцит коштів
	Тестування введення експлуатацію	та Збільшення витрат в	Дефіцит коштів
	Продаж біогазу	Закриття підприємств	Невисокий рівень мотивації праці
	Продаж добрив	Закриття підприємств	Невисокий рівень мотивації праці
Масова реалізація	Закупка запасних матеріалів	Ріст цін	Дефіцит коштів
	Продаж біогазу	Закриття підприємств	Невисокий рівень мотивації праці
	Продаж твердих та рідких добрив	Закриття підприємств	Невисокий рівень мотивації праці
	Закупка запасних матеріалів	Ріст цін	Дефіцит коштів

Таблиця 6.14 – Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання

Види ризиків	Назва ризику	Ймовірність настання	Вплив на очікуваний результат
Зовнішні ризики			

Економічні	Зростання цін на сировину для старту	Висока	Середній
	Закриття підприємств	Середня	Середній
Політичні	Зростання потенційних кількості конкурентів	Низька	Низький
Демографічні	Зменшення кількості постачальників сировини	Висока	Високий
Науково-технічний прогрес	Збільшення працевісткості підприємства	Низька	Низький
	Зростання потенційних кількості конкурентів	Низька	Низький
Внутрішні ризики			
Виробничі	Дефіцит коштів	Висока	Високий
Персонал	Невисокий рівень мотивації праці	Середня	Середній
Організація виробництва	Відсутність ефективного менеджменту	Низька	Низький

Таблиця 6.15 – Матриця оцінки ризиків

					ББ-311мп.МД.ПЗ	65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За впливом ризиків на очікуваний результат		За ймовірністю настання ризиків		
Критерії ризику	Числове значення	Низька ймовірність	Середня ймовірність	Висока ймовірність
		1	2	3
Високий рівень впливу	3		6=(3*2)	9=(3*3)
Середній рівень впливу	2		4=(2*2)	
Низький рівень впливу	1	1=(1*1)		

Таблиця 6.16 – План заходів з управління ризиками

Назва ризику	Назва методу управління ризиком	Відповідальні виконавці	Період виконання / застосування методу	Очікувані результати від впровадження методів управління
Зростання цін на сировину для стартапу	Пошук альтернативних постачальників сировини	Керівництво	3 місяці	Зменшення ціни на сировину, зменшення собівартості
Зменшення кількості постачальників сировини	Пошук нових постачальників	Керівництво	1 місяці	Збільшення виділення біогазу

Дефіцит коштів	Пошук інвесторів, отримання кредитів в різних банках	Керівництво	3 місяці	Подолання дефіциту коштів
----------------	--	-------------	----------	---------------------------

Таблиця 6.17 – Методи управління ризиками

Методи управління ризиками	Приклад методу
Ухилення від ризику	Відмова від ризику: – Відмова від ненадійних партнерів, постачальників; – Відмова від прийняття ризикованих проектів, рішень
Прийняття ризику	– Самострахування – Створення резервів (в у натуральній або грошовій формі (фондів самострахування або фондів ризику)); – Покриття збитку з поточного доходу; – Запозичення (кредитування) – отримання кредитів та позик, державних дотацій для компенсації збитків та відновлення виробництва;

Попередження ризику	– Зниження частоти збитку; – Зменшення розміру збитків; – Поділ ризику (диференціація і дублювання); – Прогнозування зовнішньої економічної ситуації; – Моніторинг соціально-економічного та правового середовища;
Передача ризику	– Аутсорсинг ризику; – Надання гарантій, поручительства; – Укладання договорів факторингу; – Страхування; – Спонсорство.

Висновок: собівартість 1 м³ біогазу виробленого з гною ВРХ становить 9,79 грн/м³. Враховуючи, що закупівельна ціна державними органами становить 9,95 грн/м³ (фінальна ринкова ціна для споживачів враховує тариф на подальше транспортування газопроводами, розподіл, тариф на постачання газу та ПДВ) дана продукція є конкурентно спроможною.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Правила безпечної експлуатації метантенків

При експлуатації біогазової установки слід звертати увагу на наступне:

1. Вдихання біогазу у великих кількостях протягом тривалого часу може викликати отруєння, оскільки сірководень, що міститься в біогазі, дуже отруйний. Неочищений біогаз має запах тухлих яєць, але після очищення запаху не має. Тому всі приміщення, де стоять побутові прилади, що використовують біогаз, необхідно регулярно провітрювати. Газові труби повинні регулярно перевірятися на герметичність та бути захищеними від пошкоджень. Виявлення витоків газу повинне проводитися за допомогою мильної емульсії або спеціальними приладами [12]. Застосування відкритого вогню задля виявлення витoku газу забороняється.

2. Біогаз у суміші з повітрям у пропорції від 5 до 15 %, за наявності джерела займання з температурою 600°C або більше, є вибухонебезпечним. Відкритий вогонь небезпечний при концентраціях біогазу в повітрі більше 12 % [12]. Тому, забороняється куріння та розведення вогню біля установки. При проведенні зварювальних робіт відстань до газового обладнання має бути не менше ніж 10 метрів [1]. Після зливу сировини з біогазових установок для проведення ремонту, реактор повинен провітрюватися, оскільки існує небезпека вибуху суміші біогазу та повітря.

3. Тиск газу, що подається газопроводом до місця споживання, не повинен перевищувати 0,15 МПа (1,5 кгс/см²), а перед побутовими приладами — не більше 0,13 кгс/см² [1]. Реактор має бути оснащений засувками, гідрозатворами, які у разі потреби могли б відключити його від магістрального газопроводу з біогазом. Реактор повинен мати клапан автоматичного скидання надлишкового тиску у газовій системі у разі його підвищення понад норму.

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фесюк О.І.					69	76
Перевір.		Зубченко Л.С.						
Керів.		Зубченко Л.С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

4. Електрообладнання, що використовується, вимагає заземлення. Опір заземлювального дроту має бути не більше 4,0 Ом [12].

7.2 Вимоги санітарної безпеки

Основним джерелом санітарної небезпеки є присутні у рідкому гною та гнійних стоках яйця гельмінтів, бактерії груп кишкової палички та інша патогенна мікрофлора. Тому потрібно дотримуватись запобіжних заходів щоб уникнути зараження:

- приступати до роботи тільки у спеціальному одязі та взутті;
- не рекомендується вживати їжу в приміщеннях ферми та поруч із біогазовими установками;
- працювати необхідно в гумових рукавицях;
- після закінчення роботи руки дезінфікувати;
- регулярно прибирати приміщення вологим методом.

7.3 Охорона довкілля

Основну небезпеку для довкілля становить зброджений осад, що утворюється в процесі отримання біогазу. Однак, запропонована технологія дозволяє переробити цей осад в високоякісне добриво, що власне і усуває проблему забруднення відходами. Супутні викиди газів, що утворюються при спалюванні біогазу, необхідно піддавати очищенню від сполук сірки [10].

В процесі зброджування гній позбувається неприємного запаху, яєць гельмінтів та патогенних мікроорганізмів. Це також забезпечує поліпшення екологічного становища поблизу прилеглих до ферм територій.

Оскільки, в якості субстрату для зброджування використовується гній ВРХ, то за рахунок цього припиняється емісія метану та оксиду азоту, що є супутником зберігання гною на відкритих ділянках. Крім того, це зменшує викиди вуглекислого газу за рахунок того, що велика кількість вуглецю переходить у метан [10].

					ББ-311мп.МД.ПЗ	70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. На основі літературних даних охарактеризовано гній ВРХ як субстрат для зброджування. Для оптимального процесу ферментації та максимального виходу біогазу було обрано косубстрат, а саме солому пшениці. Для забезпечення необхідного співвідношення C:N, співвідношення гною до соломи має становити 87,5 до 12,5 (8:1). На основі проаналізованих технологій отримання біогазу було обрано відповідні параметри процесу зброджування: режим зброджування — мезофільний (35 °C) при «мокрому» методі зброджування з вологістю субстрату 95%. Процес ферментації — одноступінчастий з добовою дозою завантаження 10%. Тип метантенка – проточний з безперервним типом завантаження.

2. Серед мікроорганізмів, які беруть участь у процесі метанового бродіння виділяють 3 основні групи: ацидогенні (*Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*), ацетогенні (*Syntrophobacter wolinii*, *Syntrophomonos wolfei*, *Clostridium*, *Peptococcus*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*) та метаногенні мікроорганізми (*Methanobacterium*, *Metanobacillus*, *Metanococcus*, *Metanosarcina*). Процес синтезу біогазу при метановому бродінні відбувається з 4 етапи (фази): гідроліз, ацидогенез, ацетогенез та метаногенез.

3. Розроблено технологічну та апаратурну схеми процесу одержання біогазу з відходів великої рогатої худоби, які включають стадії підготовки субстрату для зброджування, власне зброджування з отриманням біогазу в метантенку, очищення біогазу в абсорбері з водою, накопичення в газгольдерах та спалювання в когенераційній установці. Також процес включає стадії отримання твердих добрив, шляхом сушіння зброженого субстрату в барабанній сушарці та накопичення рідких добрив. Для підвищення повноти розкладання рослинного субстрату при приготуванні субстрату на етапі змішування запропоновано додавати целюлозоліитичний ферментний препарат. Фізико-хімічні показники

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фесюк О.І.					71	76
Перевір.		Зубченко Л.С.						
Керів.		Зубченко Л.С.						
Затверд.								
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		

біометану, отриманого відповідно до запропонованої технологічної схеми, відповідає вимогам ДСТУ ISO 13443:2015.

4. Розрахувавши основні параметри процесу метанового зброджування суміші відходів ВРХ та соломи пшениці, обрали та запроектували 3 метантенка з корисним об'ємом 2500 м³. Для накопичення біогазу обрано 3 газгольдери об'ємом 1000 м³.

5. Було розроблено схему автоматизації стадії зброджування суміші гною ВРХ та соломи пшениці з використанням контрольно-вимірювальних приладів та засобів дистанційного керування.

6. Для стартап-проекту був виконаний розрахунок собівартості виробництва біогазу. Таким чином 1 м³ біогазу виробленого з гною ВРХ становить 9,79 грн/м³.

7. Наведено основні правила експлуатації метантенків та інших технічних приладів на виробництві. Описано виробничі ризики та способи їх уникнення і запобігання.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Веденев А.Г., Веденева Т.А. Биогазовые технологии. Пособие // ОФ «Флюид», Бишкек — 2017. — 95 с.
2. Веденев А.Г., Веденева Т.А. Руководство по биогазовым технологиям // Бишкек: ДЭМИ — 2011.
3. Вестник Инновационного Евразийского университета, 2014. №1 ISSN 1729-536X — 92 с.
4. Виробництво і використання біогазу в Україні. Рада з питань біогазу з.т. // Biogasrat e.V. — 2012. — 74 с.
5. ДСТУ 5542:2014 Газы горючі природні для промислового та комунально-побутового призначення. Технічні умови. — Київ : Держспоживстандарт України, 2014. — 9 с. — (Межгосударственный стандарт) (Національний стандарт України).
6. ДСТУ 7721:2015 Газоподібне паливо. Біогаз. Технічні вимоги та методи контролювання
7. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. - Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», - 2002. - 622 с.: іл. ISBN 966-7358-24-0
8. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б., Лушников С.В. и др. Прикладная экобиотехнология. Учебное пособие // 2012. — 629 с.
9. Марцинкевич В., Коломієць Н. Поводження з відходами тваринництва: переваги технології анаеробного зброджування // Національний екологічний центр України, м. Київ — 2015.
10. Найман С. М., Тунакова Ю. А. Экологические и экономические аспекты применения биогазовых технологий для переработки органических отходов // Вестник Казанского технологического университета. 2013.
11. Ратушняк Г. Обґрунтування технологічних параметрів біогазових установок / Г. Ратушняк, К. Анохіна. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 24 с.

					ББ-311мп.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фесюк О.І.					73	76
Перевір.		Зубченко Л.С.						
Керів.		Зубченко Л.С.						
Затверд.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		

12. Семененко И. В. Проектирование биогазовых установок // Сумы: ПФ «МакДен», ИПП «Мрия-1» ЛТД, 1996. – 347 с.

13. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Основи біогазових технологій та параметри оптимізації процесу зброджування // Праці Таврійського Державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2009. – Вип. 9. – Т. 1. – С. 20-30

14. Эдер Б. Биогазовые установки. Практическое пособие // Б. Эдер, Х. Шульц // Пер. с нем. по изд. 1996, выполнен компанией Zorg Biogas в 2008 г. – 268 с/

15. AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), 1996, Eshborn, Deutschland

16. EGEE 439: Alternative Fuels from Biomass Sources: <https://www.e-education.psu.edu/egEE439/node/727>

17. Hashimoto A.G. Thermophilic and mesophilic anaerobic fermentation of swine manure // Agr. Wastes, 1983, Vol. 6: 175 —191.

18. IEA. Statistics. Total. 2012: <http://www.iea.org/topics/renewables/>

19. IEA. Statistics. Ukraine: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=UKRAINE&product=balances&year=2012>

20. Matthieu Girard, Joahnn H. Palacios, Martin Belzile, Stéphane Godbout and Frédéric Pelletier Biodegradation in Animal Manure Management // Engineering and Technology, pp. 251 — 274.

21. Проектування безвідходного виробництва з використанням біоконверсійних технологій утилізації відходів тваринництва

URL: <https://www.studsell.com/view/134414/?page=1>

22. Стаднік М. І., Штуць А. А., Пилипенко О. В. Рівень енергозабезпечення тваринницьких ферм за рахунок біогазу // Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінницький національний аграрний університет №1(112) — 2021. — 101-112 с.

					ББ-311мп.МД.ПЗ	74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Пилипенко П.Б. Розробка проекту біогазової установки з утилізації відходів великої рогатої худоби // Кваліфікаційна робота бакалавра — м. Суми — 2020. — 62 с.

24. Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання

URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/ratushnyak_energozber/21.html

					ББ-311мп.МД.ПЗ	75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця Д1 – Специфікація обладнання

Позиція	Назва	Кількість	Примітка
Пз-1	Повітрозабірник, висота 10 м, діаметр труби 300 мм	1	
Ф-2, Ф-26	Фільтр неперервної дії коміркового типу.	1	Збірний
К-3	Компресор. Продуктивність від 2 до 1000 м ³ /год. Стиснення повітря 0,163 МПа. Потужність електродвигуна 360кВ	1	Збірний
П-4	Електричний підігрівач повітря	1	
Зб-5, Зб-7, Зб-10	Збірник з мішалкою-підігрівачем. Об'єм 100 м ³	1	Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Ш-6, Ш-9	Шнековий транспортер. Довжина апарату 2м.	1	Збірний
Н-11, Н-14, Н-17, Н-20, Н-22	Насос. Пропускна здатність: 100 (м ³ /год), Потужність: 18.8 (кВт)	5	Збірний
М-12	Метантенк з механічним перемішувачем. Об'єм 2500 м ³ , надлишковий тиск у апараті не більше 0,5 кПа	3	Збірний
Г-13, Г-18	Газгольдер середнього тиску. Робочий тиск — 300 кПа; номінальний об'єм – 1000 м ³	3	Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Аб-15	Абсорбер для промивки водою під тиском	1	Збірний
Кд-16	Конденсатозбірник	1	Збірний
Кг-19	Блочна теплоелектростанція	1	Збірний
Фп-21	Стічковий фільтрпрес, продуктивність 200 кг/год (за сухою речовиною)	2	Корозійно-стійка сталь AISI 304
Л-23	Лагуна	1	
Сб-24	Сушарка барабанна, продуктивність 5 т Н ₂ О/год	5	Збірний
Ц-25	Циклон	1	Неірж. сталь 12Х18Н10Т

					ББ-311мп.МД.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДОДАТОК А		
Розроб.	Фесюк О.І.						
Перевір.	Зубченко Л.С.						
Керів.	Зубченко Л.С.						
Затверд.							
					Стадія	Арк.	Акрушів
						76	76
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		