

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»

Тема роботи: **Технології виробництва біогазу з сільськогосподарської сировини** з

Виконав:
студент Беспрозванний Б.О.

Керівник:
старший викладач Васькіна І.В.

Залікова книжка
№ номер 19510056

Підпис: _____
дата, підпис

Підпис: _____

Консультант з охорони праці:
доцент Васькін Р.А.

Підпис: _____
дата, підпис

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Секретар ЕК
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ ____ ” _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентові Беспрозванному Богдану Олександровичу Група ТС-91/1

1. Тема кваліфікаційної роботи: **Технології виробництва біогазу з сільськогосподарської сировини**

2. Вихідні дані: Статистичні дані, дані з наукометричної бази даних Scopus, видань та інтернет джерел.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:

1. Схема установки для сухого метаногенезу
2. Схема установки вологого метаногенезу

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

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

Дата видачі завдання 30.03 2023

Керівник _____

ст.викладач, к.т.н. Васькіна І.В.

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 43 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 51 сторінку, у тому числі 7 таблиць, 5 рисунків, перелік джерел посилання 4 сторінки.

Мета роботи полягає в аналізі існуючих технологій проведення процесу метаногенезу, існуючих конструктивних та апаратних особливостей технологічного обладнання біогазових установок, підборі високоефективного та надійного обладнання для реалізації будівництва біогазової установки в Україні.

Об'єкт дослідження – біогазова установка.

Предмет дослідження – процеси отримання біогазу в біогазових установках.

Практичне значення одержаних результатів. Результати нашого дослідження можуть бути використані при проектуванні біогазової установки для переробки сільськогосподарських відходів.

Ключові слова: механічна очистка, біологічна очистка, електрокоагуляція, ультрафільтрація, нанофільтрація, розрахунок ефективності.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	С. 5
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПО- ДАРСЬКИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ УКРАЇНИ	7
1.1 Аналіз утворення відходів рослинної сировини	8
1.2 Аналіз утворення відходів тваринництва (худоба).....	12
РОЗДІЛ 2 БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ	17
2.1 Схема перебігу метаногенезу	17
2.2 Види метанового бродіння	18
2.3 Умови проведення процесу	21
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ТА АПАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ	25
3.1 Технологія сухого бродіння.....	25
3.2 Технологія волого бродіння.....	28
3.3 Класифікація установок отримання біогазу.....	31
3.4 Огляд конструкцій апаратів установки отримання біогазу.....	32
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	44
4.1 Техніка безпеки при роботі на біогазовій установці.....	44
4.2 Пожежна безпека на біогазовій установці	45
ВИСНОВКИ.....	47
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48

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

ТС 20510101					
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	
Розроб.		Беспрозванни			
Перев.		Васькіна			
Н.Контр		Батальцев			
Затв.		Пляцук			
Технології виробництва біогазу з сільськогосподарської сировини			Літ.	Аркуш	Аркушів
			4	51	
			СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС-91/1		

ВСТУП

Відновлювані джерела енергії як спосіб доповнити, а на думку деяких навіть замінити звичайні види палива, були гарячою темою протягом багатьох років або навіть десятиліть. Практично для кожного виду викопного палива можна запропонувати кілька заміників. Залежно від поточних тенденцій у доступних технологіях, або, перш за все, законодавчому регулюванні, увага фахівців і громадськості спрямована на різний тип «заміщення» викопного палива. Цей інтерес не завжди є пропорційним реальним вигодам чи можливості отримання певного джерела енергії в Україні.

Біогаз як дуже перспективне паливо з високим енергетичним потенціалом, яке донедавна асоціювалося переважно як додаткове джерело електроенергії та тепла, що виробляється в установках, розташованих на полігонах або на очисних спорудах. Протягом кількох років ця ситуація систематично змінюється завдяки будівництву нових біогазових установок, які базуються переважно на відходах сільського господарства. Однак досі не було побудовано в Україні жодної промислової установки, яка б виробляла біометан. Біометан, тобто біогаз з високим вмістом метану, вважається відмінним заміником природного газу.

Таке використання біогазу вже добре відоме в багатьох країнах, напр. у Швеції, Німеччині та Австрії [1]. Використання біометану на транспорті дозволяє розширити традиційні переваги метанового палива, головним чином пов'язані зі скороченням викидів забруднюючих речовин (включаючи викиди твердих речовин порівняно з традиційними видами палива), з такими елементами, як відновлюваність, різноманітність і доступність субстратів або можливість поводження з проблемними відходами.

Біогаз - газ, отриманий з біомаси, зокрема з установок з переробки відходів тваринного чи рослинного походження, очисних споруд та звалищ [2].

Сільськогосподарський біогаз - газоподібне паливо, отримане в процесі метанового бродіння сільськогосподарської сировини, сільськогосподарських

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

						ТС 20510101	Арк
Вип	Арк	№ док. ум.	Підп.	Дата			5

побічних продуктів, рідкого або твердого гною, побічних продуктів або залишків від переробки сільськогосподарської продукції або лісової біомаси, за винятком газу, отриманого із сировини з очисні споруди та звалища [3].

З огляду на все це, метою цієї роботи є: аналіз існуючих технологій проведення процесу метаногенезу, існуючих конструктивних та апаратних особливостей технологічного обладнання біогазових установок, підбір високоефективного та надійного обладнання для реалізації будівництва біогазової установки в Україні.

Об'єкт дослідження – біогазова установка.

Предмет дослідження – процеси отримання біогазу в біогазових установках.

Практичне значення одержаних результатів. Результати нашого дослідження можуть бути використані при проектуванні біогазової установки для переробки сільськогосподарських відходів.

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 20510101					Арк
										6
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ УКРАЇНИ

Основним критерієм вибору рослинних відходів для отримання біогазу є вихід сухої речовини з одиниці площі, вміст активно ферментуючих інгредієнтів і зручність зберігання після збирання свіжої маси. Також враховується відстань транспортування та можливість збереження стабільності основних параметрів сировини. У Німеччині та Данії сільськогосподарські біогазові установки використовують переважно спеціально вирощені рослини та гній як субстрат. Серед субстратів 45% припадає на енергетичні рослинні матеріали - в основному у формі силосу, 24% на гною і 15% на рослинні відходи. Інша сировина використовується як додаткові добавки. Основним субстратом в біогазових установках є рідкий гній, який зустрічається переважно в суміші з силосом та іншою сировиною (у 93% біогазових установок). Гній корів використовується приблизно в 75% біогазових установок, тоді як свинячий гній менш популярний і використовується в 39% випадків [4]. При відборі рослин для енергетичних потреб слід звернути увагу на високу продуктивність біомаси, особливо в період з квітня до кінця жовтня, та можливість її швидкого збереження при силосуванні [5]. В Україні великі площі землі відведені під посіви кукурудзи, пшениці, сонечника, ячміню. Ці культури сіють на зерно і солома в такому випадку не є цільовим продуктом. У випадку кукурудзи і сонечника її в основному ніяк не використовують, а попросту запахують на полі. Солону зернових культур в нашій країні традиційно використовують на корм тваринам і також у якості підстилки. Останнім часом солону зернових почали використовувати з метою спалювання в котлах. Але все рівно на сьогоднішній день значна кількість соломи запахується на полі як поживна речовина. Таке нераціональне використання біомаси позбавляє цінного поновувального джерела електричної або теплової енергії

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 20510101	Арк
						7

господарство країни. Біогаз або міом етан може стати в сучасних реаліях альтернативним джерелом заміни викопному природньому газу [6].

1.1 Аналіз утворення відходів рослинної сировини

За даними дослідження розподілу сільськогосподарських земель у світі, проведеного U.S. Geological Survey [7], сукупна площа світових орних земель у світі сягає 1,87 млрд га, що на 15-20% більше в порівнянні з раніше проведеними оцінками.

Досить вагоме місце в загальносвітовому рейтингу займає Україна (входить в ТОП-10, займаючи 6 місце у світі), яка володіючи 43,37 млн га (тобто 2.31% світових площ орних земель), значно перевершує будь-яку з країн Європи (за винятком Росії).

За даними [The Food and Agriculture Organization](#) [8] (FAO) станом на 2017 рік Україна займала перше місце серед країн з найбільшою часткою ріллі по відношенню до території держави. Цей показник для України склав 56,1%.

Таблиця 1.1 – Співвідношення площі ріллі від загальної площі країни

Позиція	Країна	Площа ріллі % від загальної площі країни
1	Україна	56,1
2	Молдова	53,7
3	Польща	35,7
4	Німеччина	34
5	Франція	33,5
6	Нідерланди	31
7	Білорусь	27,9
8	Великобританія	25,8
9	США	16,9
10	Австрія	16,4

З огляду на таке співвідношення та на сприятливі погодні умови Україна входить в ТОП- 10 світових лідерів з вирощування пшениці (2021 рік 7 місце, 33,01 млн.т.) та є світовим лідером з експорту зернових (50,8 млн т [зернових](#) у 2021 році).

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

ТС 20510101

Арк

8

Вип Арк № докум. Підп. Дата

За даними Latifundist [9] в Україні в 2021 році було зібрано більше 100 млн. тон зернових. Результатом росту валу зернових та олійних культур стали сприятливі погодні умови, використання аграріями нових сортів та гібридів зернових; нових технологій.

Таблиця 1.2 – Урожай зернових та олійних культур в Україні в 2021 році [9]:

Культура	Кількість, млн.т.	Середня врожайність, т/га	Площа посіву, млн.га
Кукурудза	40	7,4	5,3
Пшениця	32,4	4,5	7
Ячмінь	10	4	2,4
Соняшник	16,3	2,5	6,4
Соя	3,4	2,6	1,2
Ріпак	2,9	2,8	2,9
Горох	0,58	2,4	0,24
Просо	0,19	2,4	0,078
Гречка	0,1	1,3	0,084

Річний вихід соломи після збирання зернових можна визначити, скориставшись даними [10] знаючи середню врожайність зернових:

Таблиця 1.3 – Коефіцієнт сумарного виходу поверхневих і корневих решток сільськогосподарських культур залежно від врожайності основної продукції [10]

Рослина	Коефіцієнт сумарного виходу побічної продукції, стерні і корен. решток	Урожайність основної продукції, т/га	Частина від загальної нетоварної біомаси, що лишається на полі	
			Побічна продукції	Стерня і кореневі рештки
Зернові озимі	1,6	1,0-2,5	0,53	0,47
	1,4	2,6-4,5		
Ячмінь ярий	1,3	1,0-2,0	0,52	0,48
	1,1	2,1-3,5	0,51	0,49
Овес	1,3	1,0-2,0	0,46	0,54
	1,1	2,1-3,5	0,50	0,50
Соя	1,5	0,5-2,0	0,48	0,52
	1,3	2,1-3,0	0,54	0,46
Просо	1,7	0,2-2,0	0,47	0,53
	1,8	2,1-3,0	0,55	0,45

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

Кукурудза зерно	на	1,5	3,0-6,0	0,58	0,42
		1,2	6,1-10,0	0,61	0,39
Горох		1,5	0,5-2,0	0,48	0,52
		1,3	2,1-3,0	0,54	0,46
Гречка		1,5	0,5-1,5	0,47	0,53
		1,7	1,6-3,0	0,52	0,48
Ріпак		1,4	0,5-2,0	0,48	0,52
		1,3	2,1-3,0	0,53	0,47
Соняшник		4	0,8-3,0	0,50	0,50
		3	3,0-5,0	0,52	0,48
Картопля		0,4	5,0-20,0	0,45	0,55
		0,14	20,1-35,0	0,50	0,50
Буряк цукровий		0,14	5,0-20,0	0,53	0,47
		0,13	20,1-40,0	0,60	0,40
Кукурудза на силос		-	10,0-20,0	-	0,24
		-	201-35,0	-	0,18
Трави однорічні		-	1,0-14,0	-	0,27

Знаходимо величину побічної продукції (соломи), користуючись даними з таблиць 1.2 та 1.3

$X = (Y \times K) \times C \times P$ (де X- величина утворення побічної продукції – соломи, млн.т.; Y – урожайність, т/га; K – коефіцієнт сумарного виходу побічної продукції, стерні і корневих решток; C - частина від загальної нетоварної біомаси, що лишається на полі – побічної продукції; P – площа посіву, млн.га.)

Таблиця 1.4 – Річне утворення побічної продукції (соломи) в 2021 році, відповідно розрахунків:

Рослина	Величина побічної продукції (соломи), млн.т.
Кукурудза	28,7
Пшениця	23,37
Ячмінь	5,38
Соняшник	32
Соя	2,19
Ріпак	5,59
Буряк цукровий	0,72

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

Для розрахунку біогазового потенціалу України були використані наступні елементи, їх набори та підмножини. Виходи виробництва біогазу, їх набори та підмножини представлені в таблиці 1.4

Таблиця 1.5 – Характеристики біогазового субстрату [3]

Субстрати	Вихід біогазу в м ³ на тонну субстрату	Вихід метану в м ³ на тонну субстрату
Силос кукурудзяний	200.00	106.00
Силос трав'яний	180.00	98.00
Соняшниковий силос	120.00 ^a	68.00 ^a
Трава	95.00	51
Зерно злаків	620.00	329.00
Солома злаків	275.42 ^b	170.00 ^c
Буряковий жом	68.00 ^a	49.00 ^a
Ботва буряка	175.00 ^e	105.00 ^e

Потенціальний вихід біогазу із відходів різних рослин

Розробка систем виробництва чистої енергії з біомаси пов'язана не тільки з впровадженням нових технологій, а й з пошуком нових і більш ефективних способів максимальної ефективності процесу.

Таблиця 1. 6 – Річне потенційне утворення біогазу та біометану від побічної продукції (солони) (за даними 2021 року), відповідно до розрахунків:

Рослина	Вихід біогазу, млн.м ³	Вихід метану млн.м ³
Кукурудза	5740	3042
Пшениця	6427	3972
Ячмінь	1479	914
Соняшник	3840	2176
Соя	208	112
Ріпак	531	285
Буряк цукровий	126	76
Всього	18351	10577

Рослинний силос є відносно складним продуктом, і при належному зберіганні він є цінною ресурсною базою, яку можна використовувати протягом року. При виборі рослин для енергетичних цілей необхідно ознайомитися з їх вимогами, а також проаналізувати особливості, якими повинен володіти якісний силос. Технологія виробництва силосу не складна, вимагає лише дотримання правил, які змінюються залежно від силосованого виду. На

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

сільськогосподарських біогазових установках використання силосу з цільових рослин дозволяє досягти стабільної якості коферменту при незмінних параметрах і гарантує підвищення ефективності процесу. Силос є дуже ефективним субстратом, а при використанні разом із рідким гноєм він є основою сировини, яка використовується в європейських біогазових технологіях.

1.2 Аналіз утворення відходів тваринництва (худоба)

В сучасних умовах невизначеності, розвитку соціально-економічних диспропорцій, політичної та економічної кризи в Україні, що почалася в 2013 році, а також військового конфлікту в нашій країні, тваринництво страждає від недостатньої державної підтримки та потребує іноземних інвестицій. В останні роки скорочення поголів'я великої рогатої худоби відбувається незначно протягом року, в межах 3-10% (див. табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Поголів'я худоби та птиці в Україні у 2017-2021 рр. (Статистика України) (тис. гол.) (без урахування поголів'я тварин, які утримуються населенням) [11]

	2017	2018	2019	2020	2021
Велика рогата худоба	1175,1	1142,9	1057,1	1004,1	998,3
Свині	3372,4	3421,4	3347,9	3651,8	3612,9
Птиця	110327,5	118452,8	128821,3	118018,3	118764,4
Вівці та кози	184,2	183,9	171,9	150,5	161,2

Позитивну динаміку демонструє лише поголів'я свиней та птиці. Свині характеризуються скоростиглістю і багатоплідністю, що дозволяє одержати від них за короткий термін м'яса значно більше, ніж від інших видів сільськогосподарських тварин. Тому не випадково свинарство вважається галуззю великого потенціалу [12]. В Україні для відгодівлі свиней часто використовують міські харчові відходи, різні овочі, а також відходи різних галузей харчової промисловості, тому поширеною практикою є будівництво ферм переважно в замській зоні. Тому поголів'я свиней характеризується

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

					ТС 20510101		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			12

неоднорідною динамікою за розміщенням. Найбільшу частину свинини в Україні виробляють Київська – 15,5%, Донецька – 10%, Львівська – 8%, Полтавська – 7,6%.

Ще більшою неоднорідністю відзначається розміщення поголів'я птиці в Україні. На території чотирьох областей (Вінницька – 25%, Черкаська – 17,3%, Київська – 17%, Дніпропетровська – 14,3%) знаходиться 73,6% від загального поголів'я птиці.

Таблиця 1.8 – Кількість сільськогосподарських тварин, що утримуються станом на 01.12.2021 за регіонами (Статистичні дані України, 2022 р.) (тис. голів) [11].

	ВРХ		Свині	Вівці і кози	Птиця
	Всього	Із них корів			
Україна	998,3	421,6	3612,9	161,2	118764,4
Вінницька	80,5	31,4	87,9	2,9	29889,1
Волинська	42,9	18,6	65,2	1,4	4964,6
Дніпропетровська	25,7	10,7	243,8	7,7	16972,9
Донецька	21,0	9,0	383,3	3,3	1988,5
Житомирська	48,6	23,2	51,8	2,0	610,3
Закарпатська	1,2	0,7	26,4	3,3	n
Запорізька	14,9	5,1	83,6	25,5	907,7
Івано-Франківська	9,7	4,1	203,4	3,6	1038,4
Київська	84,5	33,1	559,1	20,2	20215,8
Кіровоградська	24,7	10,2	132,2	2,9	24,5
Луганська	10,2	4,2	23,4	0,7	n
Львівська	13,7	5,7	316,3	3,7	5292,9
Миколаївська	15,6	6,5	34,6	6,9	403,9
Одеська	12,3	5,5	69,6	23,1	46,7
Полтавська	121,0	54,1	276,4	8,9	1936,0
Рівненська	17,4	7,7	21,2	1,0	2557,1
Сумська	61,6	27,0	48,3	3,3	1088,8
Тернопільська	34,4	13,7	241,7	3,7	1904,1
Харківська	82,3	33,0	119,2	6,1	1257,1
Херсонська	14,7	6,5	32,4	8,8	2004,8
Хмельницька	62,1	27,1	227,9	15,3	3849,2
Черкаська	102,3	42,7	205,3	2,6	20514,3
Чернівецька	5,7	2,3	27,0	3,2	811,3
Чернігівська	91,3	39,5	132,9	1,1	286,8

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

Виробництво гною безпосередньо залежить від поголів'я худоби та птиці. Виробництво гною для кожного виду худоби (ВХ) розраховували з урахуванням кількості (N), тривалості стійлового періоду (Т) та середнього виходу гною (α) (див. табл. 1.9) за формулою (1)

$$Bx = N \cdot T \cdot \alpha \quad (1)$$

Таблиця 1.9 – Розрахунок накопичення гною в Україні, станом на 1 грудня 2021 року, тис. тонн [11]

Тварини	Кількість голів, тис. (N)	Стійловий період, діб (Т)	Вихід гною від однієї тварини (α), т/добу	Всього, тисяч тонн
ВРХ	998,3	240	0,036	8,625
Свині	3612,9	240	0,015	13,00
Птиця	118764,4	300	0,0003	10,7
Вівці та кози	161,2	170	0,003	0,082

Органічні добрива (гнойова жижа, твердий гній) є одними з субстратів, які найчастіше використовуються у виробництві біогазу, оскільки виробляються у великих кількостях і є безкоштовними на багатьох сільськогосподарських підприємствах. Крім того, гній ідеально підходить як субстрат, тобто легко змішується з іншою сировиною, такою як кукурудза, силос, силосна маса тощо.

Таблиця 1.10 – Характеристика потенційного утворення біогазу і метану з відходів тварин [3]

Субстрати	Вихід біогазу в м ³ на тону субстрату	Вихід метану в м ³ на тону субстрату
Гній великої рогатої худоби	80.00	44.00
Свинячий гній	62,78	48.00
Гній птиці	140.00	90.00
Вівці та кози	76	45

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

Користуючись даними з табл. 1.9-1.10 розрахуємо потенційний вихід біогазу та біометану із відходів тваринництва за даними 2021 року.

Таблиця 1.11. Річне потенційне утворення біогазу та біометану від відходів тваринництва (за даними 2021 року), відповідно до розрахунків:

Тварини	Вихід біогазу, млн.м ³	Вихід метану млн.м ³
ВРХ	690	379,5
Свині	816,14	624
Птиця	1498	963
Вівці та кози	6,23	3,69
Всього	3010,37	1970,19

Сумарний потенційний вихід біогазу та біометану від відходів рослинництва та тваринництва за даними утворення відходів станом на 1.12. 2021 року виглядає наступним чином:

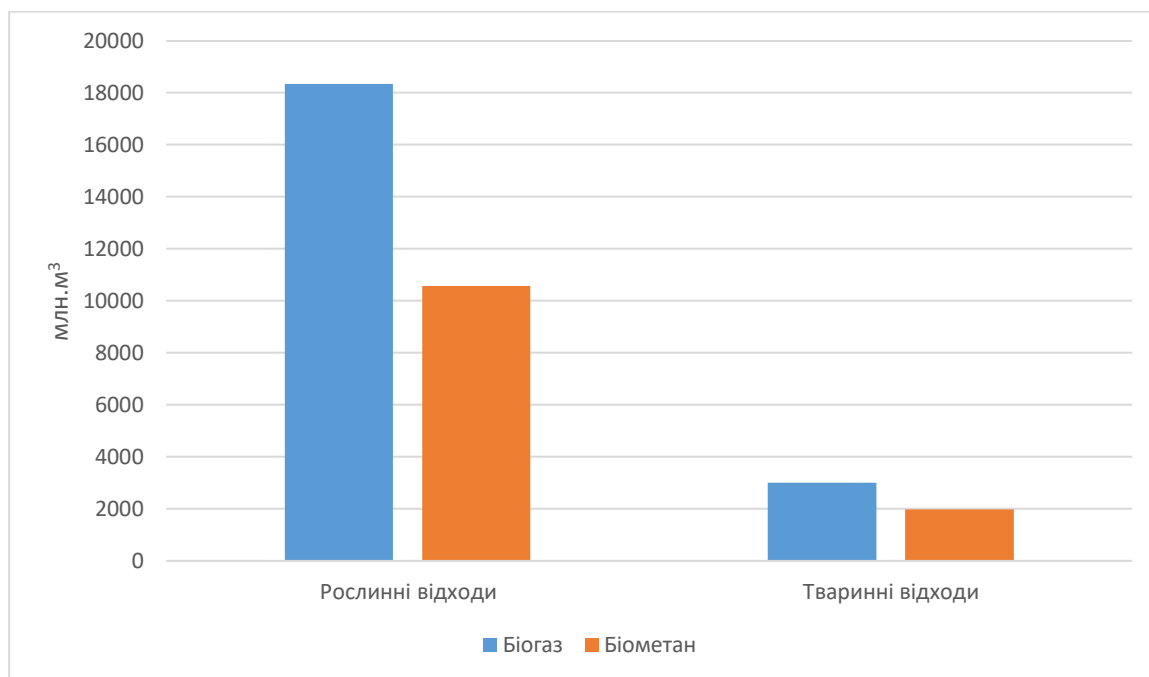


Рисунок 1.1 – Потенційний вихід біогазу та біометану від рослинництва та тваринництва (за даними 2021 року)

Україна має найбільшу в Європі площу сільськогосподарських угідь і, відповідно, один із найбільших у світі потенціалів сільськогосподарської сировини для виробництва біометану. Україна має добре розвинену газорозподільну мережу та потужну газотранспортну систему, що дозволяє виробникам біометану підключатися до газових мереж більшої частини України. Україна, станом на 01 грудня 2021 року мала потенціал до продукування близько

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

30 млрд м³ біогазу/рік та до 5 млрд. м³/рік біометану із сільськогосподарських відходів та залишків: гною, соломи зернових, стебла кукурудзи та соняшнику, жому цукрових буряків, кукурудзяного силосу та ін.

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 20510101	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		16

РОЗДІЛ 2 БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ

2.1 Схема перебігу метаногенезу

Утворення цієї сировини є процесом, який зазвичай відбувається в природному середовищі. Біогаз, тобто суміш газів, що є продуктом анаеробного розкладання органічних речовин, утворюється, серед іншого, в рубці жуйних тварин, в торф'яних болотах і на морському дні. Він складається переважно з метану та вуглекислого газу, а також у невеликих кількостях водню, сірководню, аміаку та інших газів, присутніх у слідових концентраціях. Найважливішим елементом біогазу є метан. Він відповідає за енергетичну цінність отриманого продукту. Тому явище утворення біогазу називається метановим бродінням [13].

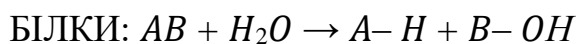
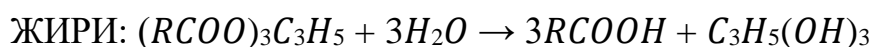
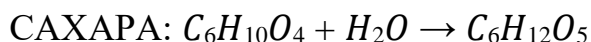
Стадії метанового бродіння

Щоб мати можливість ефективно контролювати процеси, що відбуваються в біогазовій установці, необхідно знати механізми анаеробного розкладання органічних речовин.

У процесі метанового бродіння є чотири стадії: гідроліз, ацидогенез, ацетатогенез і метаногенез. На рис. 2.1 схематично зображено біохімічні перетворення, що відбуваються при утворенні біогазу.

Перша фаза включає гідролітичні бактерії, що належать переважно до родів *Clostridium* і *Bacteroides* [14]. Вони виробляють ферменти, які розкладають органічні речовини, що складаються з вуглеводів, білків і жирів, до водорозчинних простіших сполук, тобто моно- і дисахаридів, амінокислот, жирних кислот.

Реакції гідролізу згаданих вище частинок можна представити рівняннями:



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

					ТС 20510101	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		17

використання одностадійної ферментації не дозволяє повністю перетравлювати органічну речовину, що міститься в субстраті [17].

При двостадійному методі ферментації гідроліз і кислотоутворення відбувається в окремому резервуарі, завдяки чому різке зниження рН не впливає негативно на мікрофлору наступних фаз. Також можна використовувати установку, що розділяє окремі стадії (гідроліз, ацидогенез, ацетатогенез і метаногенез) процесу на більшу кількість резервуарів, і тоді ми говоримо про багатоступеневе бродіння [18].

Другим критерієм визначення технологічних варіантів виробництва біогазу є відсоток сухої речовини у ферментері. У сільськогосподарських біогазових установках найчастіше використовується вологе бродіння, тобто таке, при якому вміст реактора знаходиться в рідкому стані. Межа між сухою та вологою ферментацією була встановлена на рівні 15% сухої речовини, оскільки вище цього рівня стає неможливим вільне перемішування та перекачування субстрату у ферментері. Однак зазвичай біогазові установки працюють із завантаженням камери 5-12% s.m. [19].

При сухому бродінні вміст сухої речовини становить від 15 до 40%. Перевищення цього порогу пов'язане з блокуванням можливості міграції мікроорганізмів у субстраті, а отже, пригніченням виробництва біогазу. Цей тип бродіння використовується, наприклад, для анаеробного розкладання органічної речовини з міських відходів [20].

Склад біогазу, рівномірне виробництво та ефективність розкладання субстрату також залежать від режиму живлення біогазової установки. Таким чином, ми можемо виділити три подальших варіанти процесу: переривчасте, квазібезперервне та безперервне заливне бродіння. Перший тип використовується в основному для сухого бродіння, тоді як інші два використовуються для вологого бродіння [21].

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

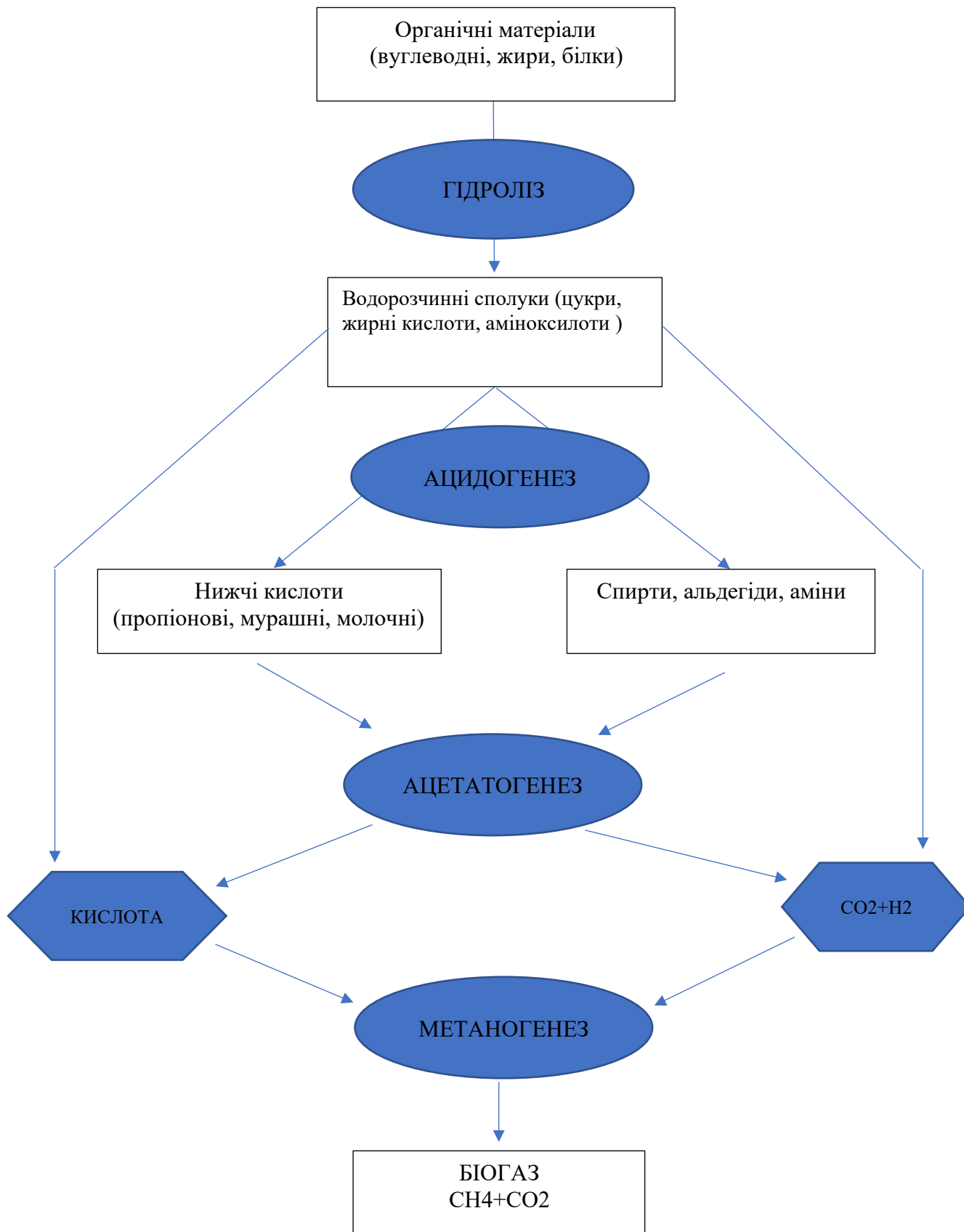


Рисунок 2.1 – Схема метанової ферментації

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510101

Арк

20

Останнім критерієм поділу є температура процесу.

Біогазові установки можуть працювати в психрофільному, мезофільному або термофільному діапазоні температур. Для першого оптимальна температура становить близько 25°C і характеризується низькою здатністю до розкладання речовин, тому його рідко використовують.

Мезофільне бродіння відбувається при температурі від 32 до 42°C.

Це найпоширеніший тип установки, насамперед завдяки стабільності процесу та відносно високому виходу біогазу. Він використовується приблизно на 85% біогазових установок.

Дещо меншою популярністю користуються установки на основі термофільного бродіння. Це пов'язано з високою чутливістю мікрофлори до перепадів температури (оптимум 50-57°C) і необхідністю хорошої ізоляції та додаткового підігріву ємностей. Однак великою перевагою є набагато швидший час розкладання субстрату та більша ефективність процесу. Термофільна ферментація використовується напр. на біогазових установках, пов'язаних із технологіями, відходами яких є нагріта біомаса [22].

2.3 Умови проведення процесу

Щоб забезпечити стабільність процесу та максимальний вихід біогазу, слід пам'ятати, що ми маємо справу з живими організмами, які потребують певних умов середовища. Найважливіші з них описані нижче.

Кисень

Мікроорганізми, які безпосередньо беруть участь у виробленні метану, є облигатними анаеробами. Це означає, що навіть невелика кількість кисню для них смертельна. Однак забезпечити такі умови в природному середовищі, як і в камері бродіння, вкрай складно, тому вони навчилися співпрацювати з бактеріями, задіяними на попередніх етапах. Деякі з них відносно анаеробні, що означає, що

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

вони споживають його в присутності кисню, але вони також добре справляються в анаеробних умовах. Поки кисень присутній у реакторі, ці бактерії споживатимуть його до того, як він матиме шанс негативно вплинути на мікроорганізми абсолютно анаеробної частини процесу [23].

Температура

Мікрофлора, яка бере участь у виробництві біогазу, має свою оптимальну температуру в залежності від типу бродіння (психрофільний, мезофільний, термофільний) і стадії процесу (гідроліз, ацидогенез, ацетатогенез і метаногенез). В одноступінчатій установці неможливо забезпечити всім групам мікроорганізмів оптимальні умови для розвитку, тому слід дотримуватися вимог найбільш чутливої групи мікроорганізмів - метаногенів. Перевищення необхідних температурних діапазонів може призвести до пригнічення або повної зупинки процесу через летальне пошкодження клітин [18].

Реакція

У випадку реакції ситуація аналогічна температурі. Мікроорганізми, відповідальні за етапи гідролізу та ацидогенезу, функціонують найбільш ефективно при рН від 4,5 до 6,3. Однак вони характеризуються відносно широким діапазоном толерантності і здатні виживати в більш лужному середовищі. Це пов'язано зі зниженням ефективності реакцій [24].

Мікрофлора на стадіях ацетатного та метаногенезу набагато чутливіша до змін рН і не функціонує належним чином за межами діапазону 6,8-7,5 [23]. Тому, якщо процес відбувається в одній ємності, реакція повинна бути адаптована саме до цієї групи мікроорганізмів.

Постачання поживних речовин

Метанове бродіння є біологічним процесом, тому мікроорганізми, які в ньому беруть участь, повинні мати доступ не тільки до речовин, які є безпосередніми попередниками метану, а й до мікро- і макроелементів, необхідних для правильного росту і розвитку клітин. Найважливішим тут є співвідношення вуглецю до азоту (C/N) у підживлюваному субстраті. Занадто

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

ТС 20510101

Арк

22

високий (надто багато вуглецю, надто мало азоту) призводить до неповної конверсії вуглецю, тобто невикористаного потенціалу метану. У протилежній ситуації може утворюватися аміак, який діє як інгібітор реакції та негативно впливає на популяцію мікроорганізмів, відповідальних за процес метаногенезу [23]. Оптимальне співвідношення C/N коливається від 10 до 30. Фосфор (P) і сірка (S) також мають велике значення, отже, співвідношення C:N:P:S має бути 600:15:5:1 [22] .

Інгібітори

На додаток до згаданих раніше параметрів процесу, які можуть впливати на порушення виробництва біогазу, велике значення мають речовини, які пригнічують біологічні зміни навіть при низьких концентраціях. Ці сполуки називають інгібіторами. Для цілей даної роботи можна розділити інгібітори на ті, що вводяться в ферментер в активній формі, і ті, що утворюються в реакторі в результаті метаболізму мікроорганізмів.

До першої групи можна віднести будь-які антибіотики, отримані від сільськогосподарських тварин під час лікування, засоби захисту рослин, гербіциди, миючі засоби, дезінфікуючі засоби, розчинники, солі та важкі метали. Також слід пам'ятати про шкідливий вплив надлишку мікро- і макроелементів, що входять до складу субстрату.

Серед інгібіторів, що утворюються в процесі метанового бродіння, можна виділити (вже згаданий) аміак (NH₃). Він використовується більшістю бактерій як джерело азоту, але при концентраціях, що перевищують 0,15 г/л, він пригнічує метаболізм мікроорганізмів [22].

Ще одна речовина, що утворюється при виробництві біогазу, – сірководень (H₂S). З одного боку, він служить джерелом сірки для метаногенів і нейтралізує важкі метали, а з іншого боку, він має властивості, які пригнічують процес розкладання, якщо його концентрація перевищує 50 мг/л [23]. У таблиці 2.1 наведено перелік інгібіторів із зазначенням їх шкідливих концентрацій.

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

Таблиця 2.1 – Інгібітори та їх токсичні концентрації [18]

Інгібітор	Концентрація
Натрій	Між 6 та 30 г/л
Калій	Від 3 г/л
Кальцій	Від 2,8 г/л CaCl ₂
Магній	Від 2,4 г/л MgCl ₂
Іон амонію	2,7-10 г/л
Аміак	Від 0,15 г/л
Сірка	Від 50 мг/л H ₂ S, 100 мг/л S ²⁻ 160 м г/л Na ₂ S (в культурах що пристосувалися до 600 м г/л Na ₂ S і 1000 мг/л H ₂ S)
Важкі метали	як вільні іони від 10 мг/л Ni , від 40 мг/л Cu, від 130 мг/л Cr, від 340 мг/л Pb, від 400 мг/л Zn у формі карбонату від 160 мг/л Zn, від 170 мг/л Cu, від 180 мг/л Cd, від 530 мг/л Cr ³⁺ , від 1750 мг/л Fe
Широкі жирні кислоти	ізомасляна кислота: виступає в якості інгібітора вже від 50 г/л

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 20510101					Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						24

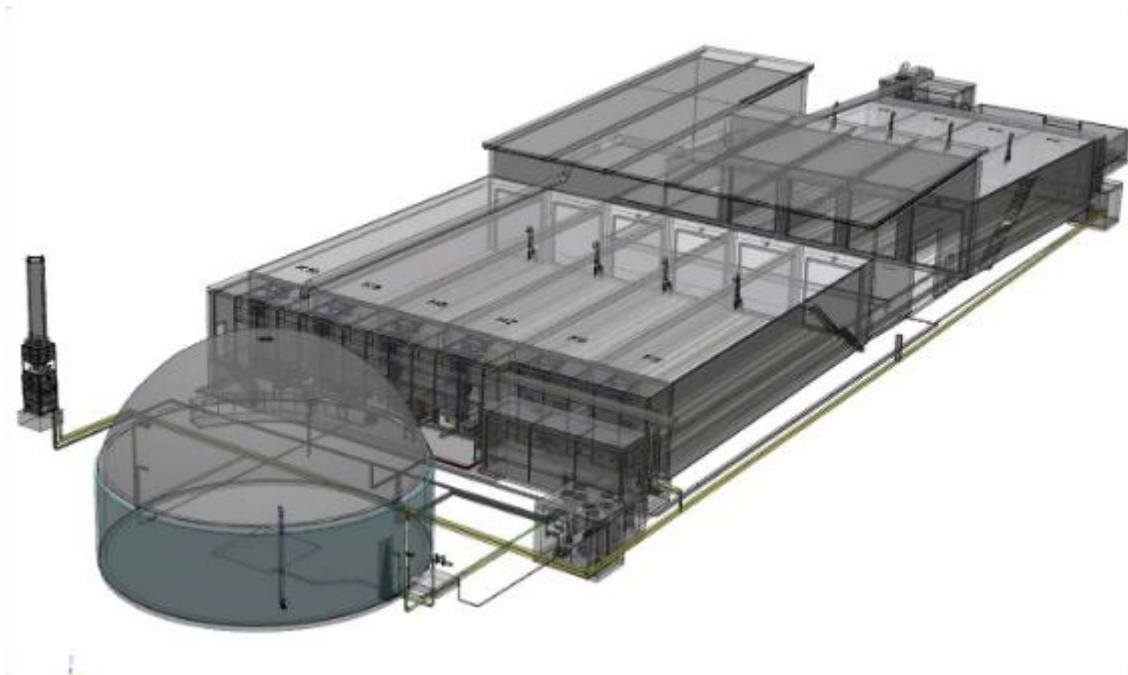


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд установки сухого бродіння [35]

Особливості такої схеми:

- система періодичної дії без додавання свіжої сировини
- немає завантажувачів або пристроїв, що перемішують тому установка має низьке споживання електроенергії до 3% від виробітку
- рухається не біомаса, а закваска
- низькі витрати на обслуговування, нічому ламатися
- може працювати із сильно забрудненою сировиною



Рисунок 3.2 –Гаражна конструкція ферментаторів для сухого періодичного бродіння [36]

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

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

ТС 20510101

Арк

27

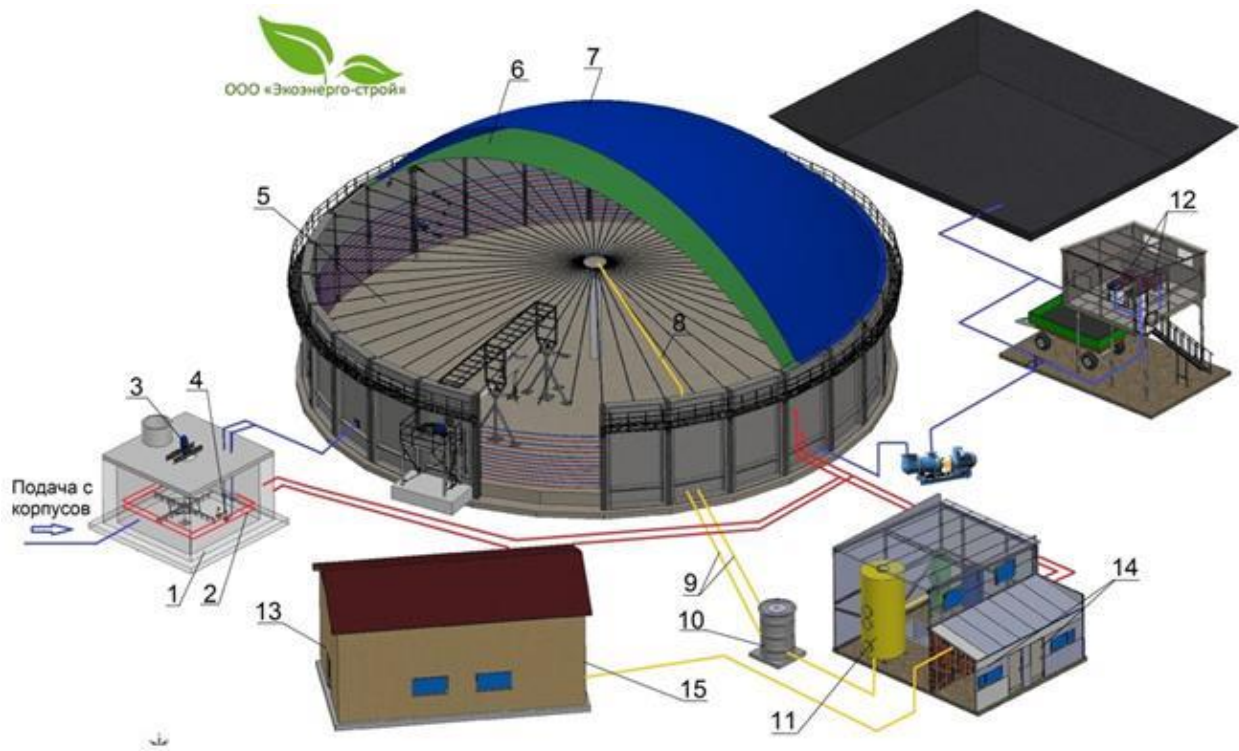


Рисунок 3.3 – Схема біогазової установки волого бродіння [37]

Приймаючий резервуар (1) з системою опалення (2) та механічного перемішування – мішалки (3). Система подачі субстрату (4) в метантенк (5). Газгольдер (6). Купол (7). Система газовідведення (8) та газоподачі (9) з системою відводу конденсату (10) та сіркоочищення (11). Сепаратор (12). Система автоматики, візуалізації процесів керування (13). Теплопункт (14). Когенератор (15).

Газгольдер (6) використовується як газонепроникне покриття ферментатора і виконує функцію акумулювання газу. Зовнішній купол (7) має високу стійкість до ультрафіолету, стійкий до підпалу та є надзвичайно розтяжним. Схема біогазової установки передбачає високу еластичність цього елемента та надійну фіксацію конструкції. Відведення біогазу відбувається трубопроводом (8), який оснащений пристроями автоматичного відведення конденсату і запобіжними пристроями, які захищають газгольдер (6) від перевищення допустимого тиску. З газгольдера (6) йде безперервне подання біогазу на когенераційну установку або систему очищення біогазу. Перероблений субстрат після встановлення подається на сепаратор (9). Система механічного поділу працює від 4-6 разів на добу та поділяє залишки бродіння після ферментатора на тверді та рідкі біодобрива. Все

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510101

Арк

29

обладнання контролюється системою автоматики (11). Технологія отримання біогазу передбачає два режими щодо організації та контролю роботи систем на ділянках біогазової станції:

- Програмно-часове управління технологічними фазами здійснюється за часовими інтервалами та синхронізується між системами.

- за значеннями контрольно-вимірювальних приладів. За цим принципом організовано системи автоматичного контролю граничних чи аварійних значень технологічних операцій.

Сигнали для синхронної роботи всієї установки надходять на центральний програмно-логічний контролер. Контролер проводить опитування всього технологічного ланцюга комплексу та виводить інформацію на екран монітора. На екрані відображаються всі споруди та вузли, оснащені приводами та датчиками параметрів. Усі робочі параметри біогазової установки відображаються на моніторі центральної диспетчерської. Диспетчерська обладнана центральним пультом керування, що дозволяє переводити роботу всіх ділянок біогазової установки в ручний або автоматичний режим місцевого або дистанційного керування [37].

Розглянувши обидві схеми метанового бродіння, сухого і волого можемо зробити наступні висновки:

- ✓ схема сухого бродіння має більш низьке споживання електричної енергії для своєї роботи;
- ✓ схема сухого бродіння може використовуватися для дуже забрудненої сировини;
- ✓ вихід біогазу із тони сировини при реалізації вологої схеми набагато вищий;
- ✓ схема волого бродіння має непереривний характер на відміну від сухого бродіння;
- ✓ питома продуктивність вологої схеми бродіння значно більша від схеми сухого бродіння

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

					ТС 20510101		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			30

сьогоднішній день можна побачити на європейських підприємствах метантенки об'ємом понад 6000 м³.

Недоліком вертикальних метантенків є те, що не можна досягти пробкового проштовхування сировини. Ступінь завантаження метантенка залежить від розмірів резервуару, типу мішалок і їх потужності, а також від виду субстрату, і становить до 4 кг органічної сухої речовини на 1 м³.

На сьогоднішній день основні типи конструкцій метантенків це: циліндрична, циліндро-конічна (з конусною верхньою або нижньою частинами), яйцеподібна, кубічна, а також у вигляді виритої в ґрунті герметичної траншеї [27] (рис. 3.4).

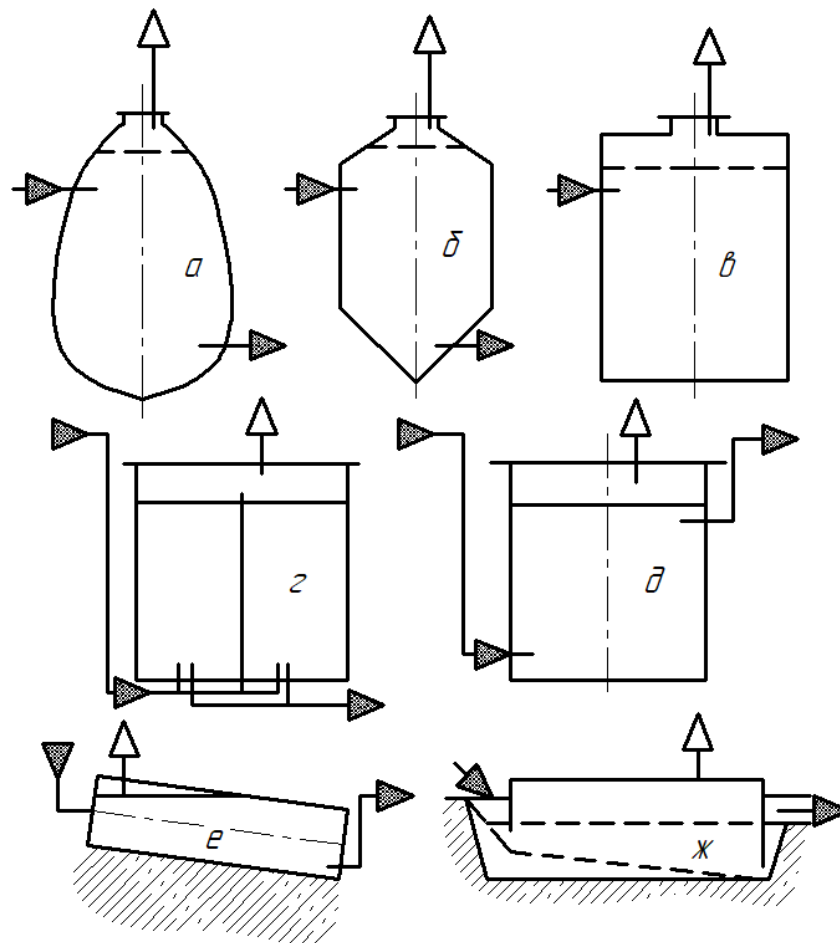


Рисунок 3.4 – Форми метантенків: а - яйцеподібна; б - циліндрична (з конусною верхньою та нижньою частинами); в - циліндрична; г - циліндрична з перегородкою; д - кубічна; е - горизонтальна; ж - в вигляді виритої в ґрунті траншеї [27].

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

поперемінним використанням реакторів - (рис. 3.4,г) або проточна система - (рис. 3.5)).

При такій компоновці не виникає необхідність в теплоізоляції зовнішніх стінок метантенку, але й покращується теплопередача між камерами через перегородку, що виконана з теплопровідного матеріалу. Розташування в цій перегородці нагрівального пристрою дає додаткові конструктивні і енергетичні переваги.

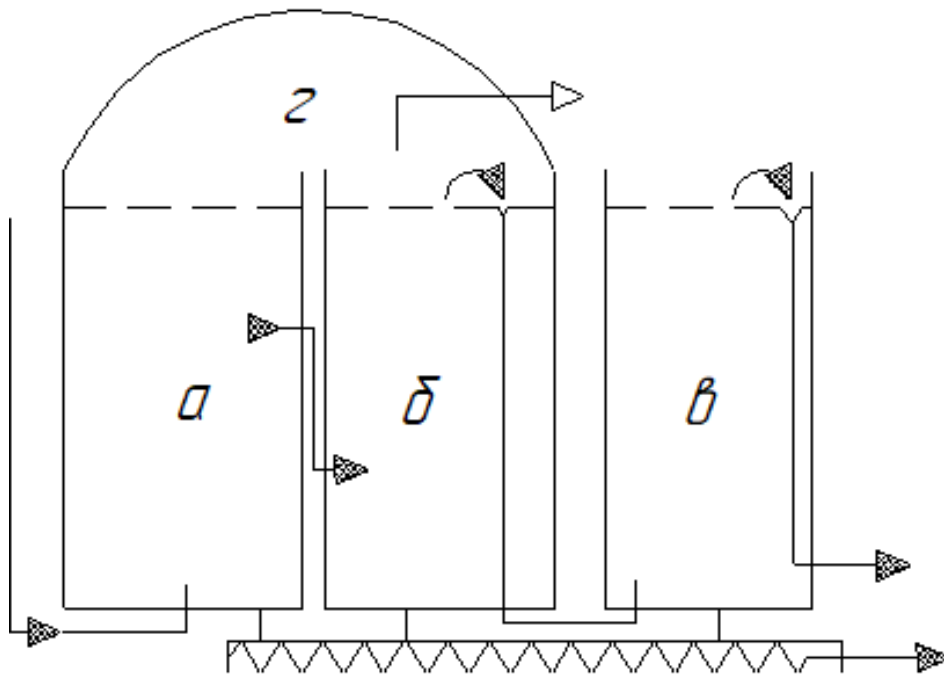


Рисунок 3.5 – Двокамерна біогазова установка, що працює за проточним принципом: а - головна бродильна камера; б - камера для остаточного зброджування і осадження дігестату; в - накопичувач дігестату; г - простір для накопичення біогазу.

Кубічний метантенк у вигляді басейну (рис. 3.4,д) використовується переважно у простих невеликих установках [30], що зводяться власними силами сільськогосподарських підприємств. Такий біореактор можна теж розділити на дві частини: головну бродильну камеру і камеру для остаточного зброджування і осадження дігестату.

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

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

ТС 20510101

Арк

36

Установки цього типу не дозволяють отримати високу ступінь метагногенезу, оскільки в них не забезпечується рівномірне перемішування біомаси, також ускладнене управління завантаженням робочого об'єму камери і часом перебування біомаси в метантенку, що необхідно для отримання максимального виходу біогазу. Руйнування плаваючої шапки твердих решток і осаду пов'язане з великими витратами [31].

У горизонтальному метантенку (рис. 3.4,е) субстрат переміщується в подовжньому напрямку, причому для невеликих установок можна застосовувати циліндричні біореактори, зроблені із сталі або пластика. Перемішування субстрату відбувається за допомогою горизонтальної мішалки з лопатями (рис. 3.6).

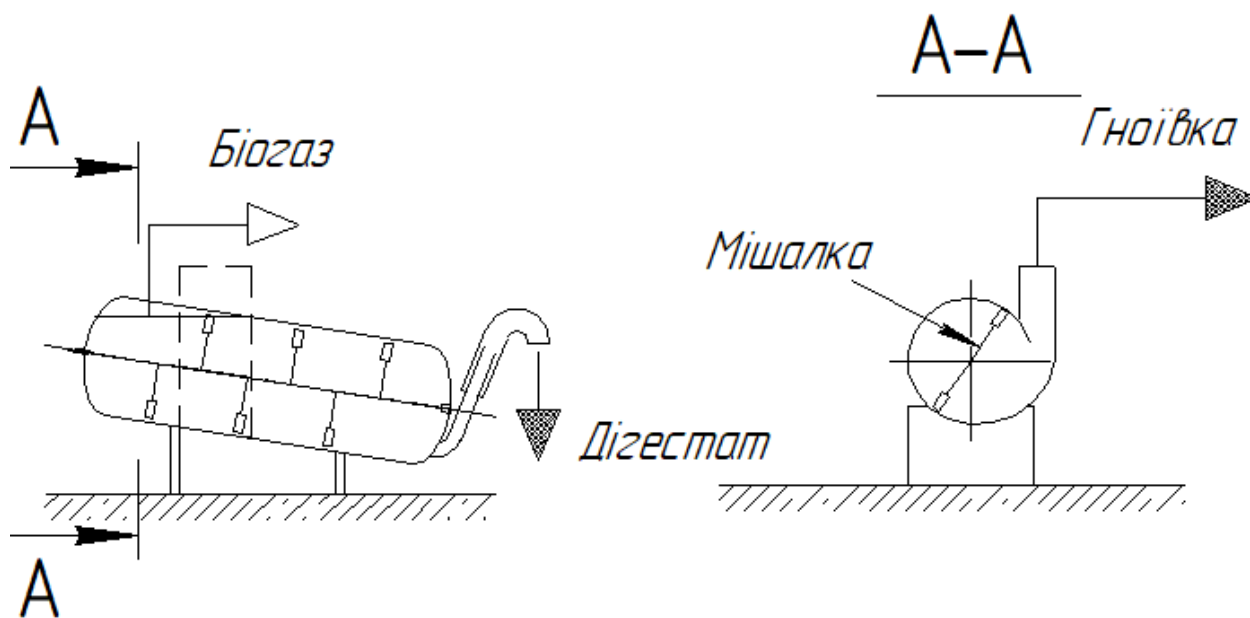


Рисунок 3.6 – Конструкція горизонтального метантенку

Похиłe розташування подовжньої осі резервуару полегшує стікання біошламу у напрямку до вивантажного отвору. Така конструкція зручна для розміщення простого перемішуючого механізму.

Бродильна камера у вигляді виритої в ґрунті траншеї (рис. 3.4, ж) дозволяє обробляти великі кількості субстрату. Як будівельний матеріал використовують, як правило, бетон.

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

Поверх субстрату плаває металічний поплавок-кришка, в якому накопичується біогаз.

Подальшим розвитком даної конструкції є заміна сталі в кришці-поплавку на еластичний матеріал, який здатен збільшувати свій об'єм по мірі накопичення біогазу (рис. 3.7). Еластична кришка-поплавок підтримується на плаву за допомогою пінопластових плит.

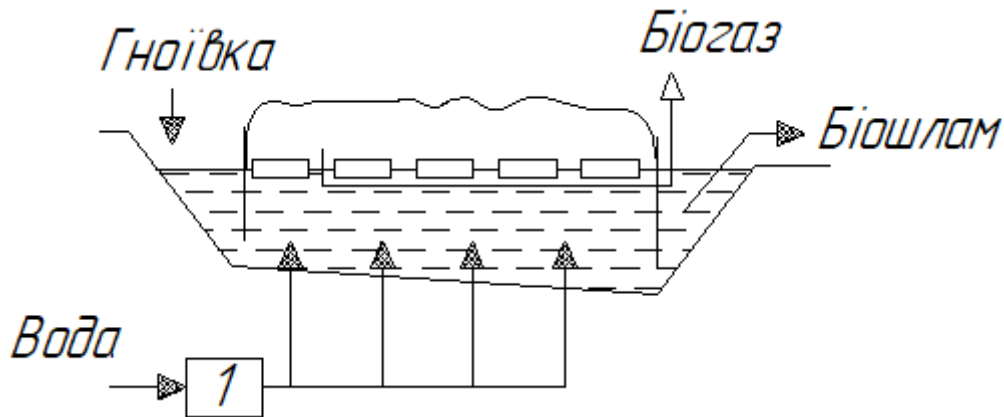


Рисунок 3.7 – Метантенк у вигляді виритої в ґрунті траншеї із еластичною кришкою-поплавком

Особливе положення займають еластичні метантенки, що масово використовуються в країнах Східної Азії. Вони складаються із щільної прогумованої або пластмасової оболонки, посиленої прошарками із тканини, яка має форму міхура, що полегшує сприйняття статичних навантажень. Еластичний біореактор робиться заглибленим в півсферичну виїмку в ґрунті (рис. 3.7), або знаходиться на поверхні землі і утримується на ременях.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 20510101					Арк
										38
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						



Рисунок 3.8 – Еластичний метантенк

Проаналізувавши конструкції метантенків свій вибір зупиняємо на конструкції метантенку вертикального типу, циліндричної форми. Стінки метантенку плануємо виготовляти із нержавіючої сталі. Кришу метантенку планується виготовити із двошарового еластичного матеріалу.

Така конструкція має суттєві переваги:

- легкість конструкції не потребує міцного фундаменту;
- будівництво легкого фундаменту скорує терміни проведення підготовчих робіт при будівництві;
- скорочуються терміни будівництва.

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



Рисунок 3.9 – Оптимальна конструкція метантенку

Висновки

1. Горизонтальне розташування метантенків дозволяє ефективно перемішувати субстрат та забезпечувати безперервне протікання процесу за рахунок його пробкового проштовхування. Вертикальні метантенки, в порівнянні з горизонтальними, більш компактні, займають меншу площу і мають нижчі втрати тепла.
2. Для великомасштабних виробництв біогазу найкращим чином відповідають циліндричний, горизонтальний, еластичний метантенки, та метантенк в формі яйцеподібного резервуару. Кубічний метантенк та бродильна камера в вигляді виритої траншеї за економічними показниками більше підходить для невеликих біогазових установок.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510101

Арк
40

3.4.2 Огляд перемішуючих пристроїв

Для перемішування субстрату в метантенках використовуються перемішуючі пристрої (мішалки), які можуть бути механічними, гідравлічними та пневматичними. Для зменшення утворення осаду та унеможливлення виникнення плаваючої кірки необхідно забезпечити перемішування у всіх зонах реактора. Проте, якщо йдеться про субстрати малої в'язкості, що містять мало речовин, схильних до осадження або утворення плаваючої кірки, то механічні перемішуючі пристрої будуть ефективними і у відносно крупних реакторах. Для простих невеликих установок з незначним виходом біогазу механічні мішалки є типовим рішенням. Останнім часом для перемішування субстрату в метантенках частіше застосовуються заглиблені механічні мішалки. На відміну від перемішуючих пристроїв поверхневого типу, потоки яких направляються від поверхні рідини до дна ємності, заглибні мішалки здатні організувати гідродинамічні потоки різного типу. Для перемішування субстрату в метантенку в підвішеному стані в більшості випадків встановлюються електромеханічні мішалки.



Рисунок 3.10 – Занурювальна мішалка

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

Дуже широкого застосування знайшли похилі мішалки, що встановлювалися на довгому валу.



Рисунок. 3.11– Похила механічна мішалка

Ретельне і безпечне перемішування субстрату гвинтом дозволяє оптимізувати ферментацію. У метантенках можна реалізувати два гідродинамічних принципи перемішування, назовемо їх умовно: «зонний» і «карусельний». При зонному принципі передбачає одна мішалка нездатна обслужити довгий метантенк, і обмежена максимально-можливою довжиною зони перемішування.

Вище перелічені механічні мішалки мають декілька суттєвих недоліків, перше це складна конструкція кріплення. У випадку поломки мішалки необхідно від 6- до 12 годин на проведення робіт по заміні перемішуючого пристрою. Інколи заміна перемішуючого пристрою потребує звільнення всього робочого простору біореактора. По-друге, в біореакторах із зануреною мішалкою на субстратах які погано перемішуються дуже часто спостерігається утворення корки на поверхні субстрату.

Усіх цих перелічених проблем, за словами розробників компанії «Dynamicbiogas» можна позбутися завдяки інноваційній організації перемішування в біореакторі. З метою організації перемішування в біореакторі

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

встановлюється центральна труба. Труба встановлюється дистанційно по відношенню до дна на відстані 600-800 міліметрів. Знизу закріплюється направляючий конус. Завдяки ньому відбувається скерування низхідного потоку речовини у горизонтальний потів вздовж днища. На тросах згори в центральну трубу на відстань 3м від поверхні рідини опускається лопатевий перемішуючий пристрій [43].

Усіх цих перелічених проблем, за словами розробників компанії «Dynamicbiogas» можна позбутися завдяки інноваційній організації перемішування в біореакторі. З метою організації перемішування в біореакторі встановлюється центральна труба. Труба встановлюється дистанційно по відношенню до дна на відстані 600-800 міліметрів. Знизу закріплюється направляючий конус. Завдяки ньому відбувається скерування низхідного потоку речовини у горизонтальний потів вздовж днища. На тросах згори в центральну трубу на відстань 3м від поверхні рідини опускається лопатевий перемішуючий пристрій



Рисунок 3.12 – Інноваційна схема організації перемішування у біореакторі

Під час роботи перемішуючого пристрою через верхній отвір засасується рідина і проштовхується до нижнього отвору центральної труби. В нижній частині

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

нисхідний потік рідини перерозподіляється горизонтально і потім ці потоки вздовж вертикальних стінок піднімаються догори. Завдяки такій схемі організації перемішування відсутні застійні зони та зникає проблема з утворенням корки на поверхні рідини [43].

Інв.№подел.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 20510101	Арк
						44
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Техніка безпеки при роботі на біогазовій установці

З часу потрапляння органічних відходів до станції зважування, розпочинається процес їх перетворення на біогаз. Під час цього для людини виникає цілий ряд небезпечних ситуацій. Якщо не дотримуватись правил безпечного перебування на біогазовому підприємстві, людина може отримати серйозні ушкодження, а в деяких випадках під час вибуху може втратити і життя.

До цих небезпек на виробництві відносять утоплення, ушкодження від електричного струму та підвищений рівень шуму від механізмів та агрегатів.

Біогаз – один із перший найнебезпечніших компонентів підприємства.

Біогаз це суміш газів що не має кольору та запаху, тому її витік буде важко помітити.

Знаходячись у приміщені, наповненого біогазом, потрібно пам'ятати, що у його складі відсутній кисень, тому існує є ризик задихнутися. Основним його компонентом є пожежо-вибуховий газ – метан.

Під час роботи установки отримання біогазу працівники повинні належним чином перевіряти цілісність ізолюючих шарів покриття обладнання, де відбуваються процеси зберігання та зброджування органічних відходів.

До зони підприємства не допускаються сторонні особи які не мають відповідного допуску.

Таким особам дозволяється знаходитись на території підприємства лише під супроводом особи, що має допуск.

На території підприємства не має бути джерел відкритого вогню. Винятком із цього правила є факел, на якому спалюється зайвий газ.

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

ТС 20510101

Арк

45

Вип Арк № докум. Підп. Дата

У разі виникнення пожежі, необхідно використовувати вогнегасник або сухий пісок. Доступ до вогнегасника має бути без перепон. Справність автоматичної вогнегасної системи повинна перевірятися за графіком [41].

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

Персонал повинен мати і згідно графіка проводити заміри концентрації метану в робочій зоні обладнання. Прилади для вимірювання повинні проходити перевірку та калібрування згідно графіку [42].

На території підприємства повинні знаходитись стерильні зони для приймання їжі, де буде дозволено приймати їжу, оскільки до складу робочого повітря підприємства можуть випадково потрапити хвороботворчі мікроорганізми [42].

4.2 Пожежна безпека на біогазовій установці

На весь комплекс і на кожен очисну споруду повинні бути складені виробничий регламент і технологічні карти [43].

На кожен об'єкт повинні бути розроблені інструкції про заходи пожежної безпеки [43].

Проходи і сходи не повинні бути захаращені будь-якими предметами, залиті водою, маслом. Сходи і площадки для обслуговування баків, ємностей та інших апаратів повинні мати надійні поручні і огорожі, що забезпечують безпеку праці обслуговуючого персоналу

Експлуатація всіх механізмів, що застосовуються на очисних спорудах, повинна здійснюватися за відповідними інструкціями.

У приміщеннях очисних споруд, де можливе раптове надходження в повітря великої кількості токсичних і вибухонебезпечних речовин, повинна передбачатися аварійна витяжна вентиляція. У цих приміщеннях повинні встановлюватися автоматичні газоаналізатори, заблоковані з аварійною

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № одубл.	Підп. і дата

вентиляцією [42].

У всіх виробничих приміщеннях повинні знаходитися первинні засоби пожежогасіння та пожежний інвентар.

Використовувати пожежний інвентар для побутових цілей забороняється. Куріння на території об'єктів і в приміщеннях заборонено.

У всіх виробничих приміщеннях повинен бути визначений клас вибухонебезпечності відповідно до положення Технічного регламенту про вимоги пожежної безпеки. Вся апаратура в даних приміщеннях встановлюється у вибухозахищеному виконанні відповідно до категорії та групою вибухонебезпечності [42].

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 20510101	Арк
						47
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано міжнародний досвід будівництва біогазових установок

Розглянувши обидві схеми метанового бродіння, сухого і волого можемо зробити наступні висновки:

- ✓ схема сухого бродіння має більш низьке споживання електричної енергії для своєї роботи;
- ✓ схема сухого бродіння може використовуватися для дуже забрудненої сировини;
- ✓ вихід біогазу із тони сировини при реалізації вологої схеми набагато вищий;
- ✓ схема волого бродіння має неперервний характер на відміну від сухого бродіння;
- ✓ питома продуктивність вологої схеми бродіння значно більша від схеми сухого бродіння

На підставі цього зупиняємося у своєму виборі на вологій схемі бродіння.

Проаналізувавши конструкції метантенків свій вибір зупиняємо на конструкції метантенку вертикального типу, циліндричної форми. Стінки метантенку плануємо виготовляти із нержавіючої сталі. Кришу метантенку планується виготовити із двошарового еластичного матеріалу.

Така конструкція має суттєві переваги:

- легкість конструкції не потребує міцного фундаменту;
- будівництво легкого фундаменту скорує терміни проведення підготовчих робіт при будівництві;
- скорочуються терміни будівництва.

В якості перемішуючого пристрою обираємо перемішуючий пристрій компанії «Dynamicbiogas», який має наступні переваги: висока ефективність перемішування; відсутність застійних зон під час роботи апарата; швидкість демонтажа складає 30-40 хвилин.

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

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

ТС 20510101

Арк

48

- 14 Margel L. Metodyka oceny efektywności procesu fermentacji metanowej wybranych osadów ściekowych. Wydawnictwo politechniki Białostockiej, Białystok, 2002
- 15 Kroiss H. Anaerobe Abwasserreinigung, Wiener Mitteilungen Bd. 62 Tu, Wien, 1985
- 16 Kim B. H., Gadd G. M. Bacterial Physiology and Metabolism, Cambridge University Press, New York, 2008
- 17 Schulz H., Eder B. Biogas-Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiel, überarbeitete Auflage, Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 2001
- 18 Neubarth, J.; Kaltschmitt, M. Regenerative Energien in Österreich - Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte; Wien, 2000
- 19 Kujawski O., Kujawski J. Przegląd technologii produkcji biogazu (część druga), Czysta Energia, 101 - 2010/1
- 20 Hoffmann M. Trockenfermentation in der Landwirtschaft – Entwicklung i Stand, Biogas – Energieträger der Zukunft, VDI-Berichte 1751
- 21 Neubarth, J.; Kaltschmitt, M. Regenerative Energien in Österreich - Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte; Wien
- 22 Weiland P. Grundlagen der Methangärung – Biologie und Substrate; VDI Berichte, Nr. 1620 „Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven“; str. 19-32; VDI-Verlag
- 23 Braun R. Biogas – Methangärung organischer Abfallstoffe; Springer Verlag Wien, New York
- 24 Wellinger A., Baserga U., Edelmann W., Egger K., Seiler B. (1991): Biogas-Handbuch, Grundlagen – Planung – Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen, Verlag Wirz – Aarau
- 25 Желих В. М., Фурдас Ю. В. Біогазові технології: Теорія і практика. Монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2015. 164 с
26. Технології виробництва біодизеля : [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] /В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнєв. К.: Холтех, 2009. 100 с.

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

27. Енергобіотехнологія: [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук. К.: Холтех, 2011. 356 с.
28. Технології виробництва біогазу: [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова. К.: Холтех, 2010. 84 с.
29. Eder Barbara. Biogas-Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit / Barbara Eder, Heinz Schulz; mit Beiträgen von Andreas Krieg. 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl. Staufen bei Freiburg: Ökobuch, 2006. 238 str.
30. ATmega8 data sheet / [Електронний ресурс] / Atmel corporation // Режим доступу до журн.: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf.
31. FT232R USB UART IC Datasheet / [Електронний ресурс] / FTDI // Режим доступу до журн.: http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS_FT232R_V205.pdf.
- 32 Wilfert, R.; Schattauer, A. Biogasgewinnung und -nutzung – Eine technische, ökonomische und ökologische Analyse; DBU-Projekt, 1. opracowanie; Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Leipzig; Federalny Zakład Badawczy Rolnictwa (FAL), Braunschweig
- 33 Kłos K. Wpływ reformy rynku cukru w Unii Europejskiej na polski sektor cukrowniczy, Referat na konferencji XXXVII Przegląd Dorobku Kół Naukowych SGGW
- 34 [Електронний ресурс] :<https://www.renergon-biogas.com>
- 35 [Електронний ресурс] :<http://ezmuhendislik.com/dry-fermentation/>
- 36 [Електронний ресурс] :<http://www.chengdu-detong.com/en/technologies/dry-fermentation-process/>
- 37 [Електронний ресурс] :https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_4/page11.html
- 38 [Електронний ресурс] :<http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8386-suchasni-tendantsii-rozvytku-biohazovykh-ustanovok.html>

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

39. Болтянський Б. В. Обґрунтування конструктивно-функціональної схеми біореактора – установки для переробки органічних відходів (гною). Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2015. Вип. 15. Т. 3. С. 182-188.

40 ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Чинний від 01.12.1999. –Київ: МОЗ, 1999.

41 НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». Чинний від 06.10.1997. – Київ: Державний комітет України по нагляду за охороною праці, 1997.

42 НАПБ 06.004-07 «Перелік однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації» Чинний від 03.08.2007. Київ: МНС, 2007.

43 [Електронний ресурс] :<https://www.dynamicbiogas.com/en/>

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	
ТС 20510101					Арк
					52
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	