

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладної екології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

за спеціальністю 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

Тема роботи: Аналіз шляхів модернізації перемішуючого пристрою біогазової установки

Виконала:
студент Люлін Д.В.

Залікова книжка
№ 11293636

Підпис _____

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Керівник:
Васькін Р.А.
доц., к.т.н.

Підпис _____

Консультант з охорони праці:
доц. канд. техн. наук
Васькін Р.А.

Підпис _____

Секретар ЕК
Васькіна І.В.

Суми 2020

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра.

Робота складається з вступу, 3 розділів, висновків, переліку джерел посилання. Обсяг становить 53 сторінку комп'ютерного тексту, який включає 8 таблиць, 5 рисунків, перелік джерел посилання налічує 27 найменувань.

Мета дослідження: аналіз шляхів покращення та модернізації роботи біогазової установки, можливість використання біогазу як палива для виробництва електроенергії.

Об'єкт дослідження: біогазова установка.

Предмет дослідження: процеси перемішування в біогазових установках

Методи дослідження: критичний аналіз, статистична обробка даних, літературний огляд, аналітичний огляд.

Величезні викиди вуглекислого газу і метану в атмосферу призводять до збільшення парникового ефекту. Інвестиції в розвиток технологій одержання енергії з поновлюваних джерел, таких як енергія сонця, вітру, води, біомаси (органічні речовини тваринного або рослинного походження), або геотермальна енергія нині стає гострою необхідністю. Значними споживачами паливно-енергетичних ресурсів є вітчизняні аграрні підприємства, тому перед ними постає об'єктивна необхідність впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій, орієнтованих на виробництво біологічних видів палива.

Ключові слова: БІОРЕАКТОР, БІОТЕХНОЛОГІЇ, МІШАЛКА, ПЕРЕМІШУЮЧИЙ ПРОСТІР.

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

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

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Люліну Денису Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Група ТС-61

- Тема кваліфікаційної роботи: Аналіз шляхів модернізації перемішуючого пристрою біогазової установки
- Вихідні дані:
- Перелік обов'язково графічного матеріалу:
 -
 -
 -

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
	Літературний пошук						
	Патентний пошук						
	Узагальнення інформації						
	Проведення розрахунків						
	Оформлення пояснювальної записки						

5. Дата видачі завдання 01.04 2020 р.

Керівник _____
(підпис)

доц. Васькін Р.А.
(посада, прізвище)

ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ 1. Аналіз ефективності роботи біогазової установки	7
1.1 Що представляє собою біогаз	7
1.2 Поняття про біогазову установку	11
1.3 Аналіз ефективності отримання біогазу	25
1.4 Вплив певного виду субстрату та його перемішування на вихід біогазу	26
1.5 Використання біогазових установок в Україні та в світі	29
Розділ 2 Способи перемішування осаду в метантенках	33
2.1 Що представляє собою метантенк	33
2.2 Види та способи перемішувачих пристроїв у метантенку	35
Розділ 3 Аналіз параметрів впливаючих на ефективність перемішування біомаси	39
3.1 Механічний спосіб перемішування	39
3.2 Аналіз ефективності роботи гідравлічних та пневматичних систем	45
Висновок	40
Перелік джерел посилання	51

Підп. і дата						ТС №11293636		
Інв.№ докл.	Взаєм.Інв.№	Інв.№ докл.	Підп. і дата	Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата
				Розроб.	Люлін			
				Перев.	Васькін			
				Н.Контр.	Васькін			
				Затв.	Пляцук			
<i>Аналіз шляхів модернізації перемішувачого пристрою біогазової установки</i>						Літ.	Аркуш	Аркушів
						4	51	
						СумДУ, ТЕСЕТ ар. Тс.-61		

Другий напрям — це створення сучасних високопродуктивних повнокомплектних біогазових установок на основі новітніх удосконалених конструкцій біореакторів, сучасних автоматизованих систем керування технологічним процесом, високоефективного теплотехнічного, електротехнічного і технологічного обладнання.

Мета дослідження: аналіз шляхів покращення та модернізації роботи біогазової установки, можливість використання біогазу як палива для виробництва електроенергії.

Завдання дослідження: визначення екологічних проблем пов'язаних із нераціональним використанням відходів сільськогосподарського призначення, дослідження параметрів які впливають на роботу перемішуючого пристрою біогазової установки.

Об'єкт дослідження: біогазова установка.

Предмет дослідження: процеси перемішування в біогазових установках

Методи дослідження: критичний аналіз, статистична обробка даних, літературний огляд, аналітичний огляд.

№в. №тотол.	Підп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№в. №обул.	Підп. і дата	ТС №11293636					Арк
										6
Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

цілеспрямовано використовують при очищенні стічних вод, щоб розкласти органічні сполуки шкідливих речовин.

Сировина для виробництва біогазу:

Сировину, що піддається метановому бродінню, можна поділити на три категорії:

- сільськогосподарську: гноївка, гній, енергетичні культури, залишки біомаси тощо;
- промислову: крохмаль, відходи скотобоєнь, молочних і цукрових заводів, фармацевтичної, косметичної та паперової промисловості тощо;
- господарську: органічні відходи, комунальні стоки тощо.

Ферментаційний матеріал можна також розділити на основний (ферментація якого може протікати самостійно, без додавання інших речовин) та допоміжний. Основним ферментаційним матеріалом вважають гній, гноївку, молоду траву, а допоміжним – відходи від переробки фруктів, органічні відходи, залишки їжі, жири, м'яса, органічні продукти, що розкладаються природно (біологічним шляхом), господарські стоки тощо.

№в.№т/оол.	Поп. / дата	Взаєм.ІНБ.№	№в.№о/оол.	Поп. / дата	TC №11293636	Арк
						8
Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 1.1 Чотири фази етапу бродіння [23]

Біогаз і біодобрива – це продукти, отримані в процесі промислової переробки гною в біогазовій установці. Газ метан, що міститься в біогазовій суміші, має енергетичну цінність від 10 кВт на м³ (стосовно до чистого метану) і є таким же газом, як і природний газ. Якщо суміш газів переводити в електричний струм з допомогою генератора, то при його ефективності напр. 35% з 10 кВт брутто утворюється 3,5 кВт електричного струму, який можна безпосередньо подавати в мережу електричного живлення. Після отримання біогазу та його певної очистки він може бути використаний для виробництва електричної та теплової енергії в когенераційній установці, або ж після відповідного очищення в якості газоподібного палива – біометану. При очищенні біогазу крім метану також одержують ще один цінний продукт – діоксид вуглецю CO₂. Енергія, отримана з біогазу, належить до відновлюваної, оскільки відбувається з органічного поновлюваного субстрату. Фактом є те, що викопні енергоносії на Землі закінчуються і існує реальна потреба в альтернативних джерелах, що надає ще більшого значення виробництва біогазу на біогазових установках. Крім того, енергетичне використання біогазу в порівнянні зі спалюванням природного газу, зрідженого газу, нафти та вугілля є

Інв. №1000Л.	Плоп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №000Л.	Плоп. і дата
--------------	--------------	---------------	------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Плоп.	Дата	ТС №11293636	Арк
						9

нейтральним по відношенню до CO₂, оскільки CO₂ яке виділяється перебуває в межах природного кругообігу вуглецю і споживається рослинами протягом вегетаційного періоду. Таким чином, концентрація CO₂ в атмосфері в порівнянні з використанням твердого палива не збільшується.

Однак метан теж має свої недоліки: при потраплянні в повітря він дуже повільно окислюється на двоокис вуглецю і воду під впливом сонячних променів, озону або так званих радикалів (молекули HO, швидко вступають в реакцію). Метан є найбільш поширеним забруднювачем повітря і на 20% викликає явище парникового ефекту. Крім того, при окисленні він споживає озон і цим самим робить свій внесок у збільшення озонної діри в стратосфері. Газовий факел, за допомогою якого в аварійних випадках спалюють газ до безпечної двоокису вуглецю, має велике значення також з цієї причини.

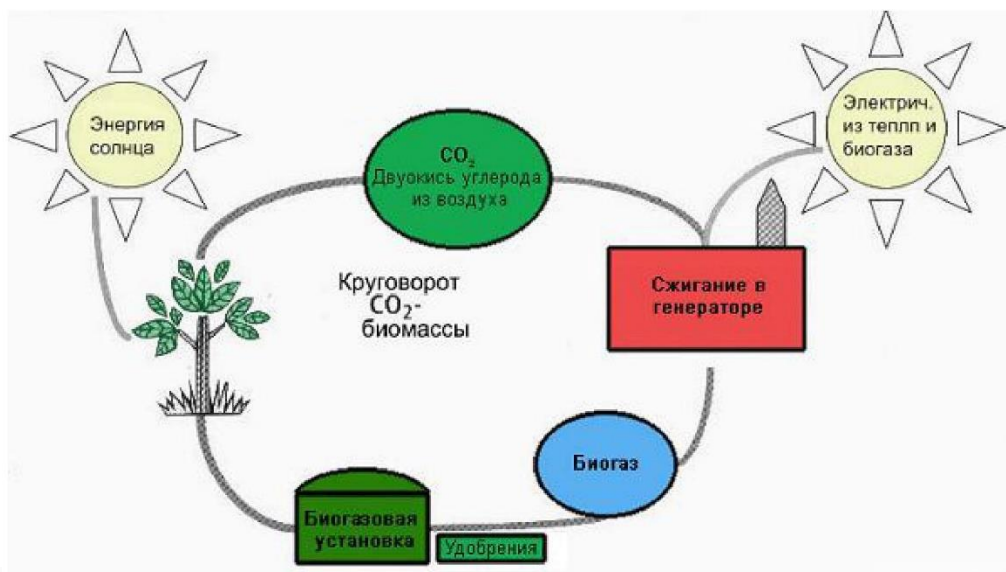


Рисунок 1.2 Кругообіг двоокису вуглецю органіки [24]

До періоду індустріалізації виробництво метану і його розщеплення знаходились в рівновазі. На сьогодні цей баланс значною мірою порушений: при видобутку вугілля, нафти і природного газу виділяється величезна кількість неспаленого метану в атмосферу. До цього додається ще велика кількість газу, яку виникає у всьому світі від вирощування рису і тваринництва. За останні десятиліття це призвело до постійного зростання кількості метану в атмосфері Землі. З цієї ж

№в. №докл.	Підп. і дата
№в. №докл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
№в. №докл.	

Випр.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата

ТС №11293636

Арк

10

причини також споживання біогазу в технічних цілях має особливе значення, оскільки, таким чином, зменшується емісія метану.

1.2 Поняття про біогазову установку

Вирішення проблем переробки відходів сільськогосподарського походження, відкрили новий перспективний напрямок у конструюванні техніки та обладнання для агропромислового комплексу. Проаналізувавши літературні джерела, можна сказати про стрімкий процес впровадження у виробництво інноваційних ресурсозберігаючих технологій. Австрія, Італія, Китай, Німеччина, Польща, Чеська Республіка та інші країни за останні 20 років зробили значний крок у використанні поновлювальних джерел енергії та продовжують розвивати свої науково-технічні досягнення у галузі альтернативної енергетики. Ринок біогазу на сьогоднішній час найбільш розвинений у Європі, це пояснюється тим, що саме розвинені країни ЄС першими впровадили програми переходу до альтернативних джерел енергії та планомірно підтримували ініціативи, спрямовані на впровадження нових біогазових технологій.

Отже, біогазова установка призначена для безвідхідної, екологічно чистої переробки без специфічних запахів органічних відходів усіх видів господарства (таких як гною, у біогаз, а також у гігієнічно і хімічно чисті рідкі чи сухі добрива). В основу роботи БГУ закладені біологічні процеси зброджування і розкладання органічних речовин під впливом метаноутворюючих бактерій в анаеробних умовах, характерних відсутністю вільного кисню, високої вологості і температурного середовища. У комплект усіх біогазових установок входять ферменти (бактерії) для початкового запуску. Біогаз складається з 50-70% метану (CH₄), що утвориться з органічних субстанцій у результаті анаеробного і мікробіологічного процесів. Також до складу біогазу входять 12 - 40% вуглекислого газу (CO₂) і невеликі кількості сірководню (H₂S), аміаку (N₂), водню (H₂) і оксиди вуглецю (CO).

№в. №докл.	Поп. і дата	Взаєм. І№в. №	№в. №докл.	Поп. і дата	Титул	№ докум.	Арк	Дата	TC №11293636	Арк
										11



Рисунок 1.3 Один з варіантів комплектації біогазової установки [25]

При проектуванні та виборі устаткування беруть до уваги вид сировини та кінцеву мету (виробництво теплової енергії для власних потреб або випуск електроенергії з метою продажу).

У біогазових установках застосовується модульний принцип, що дає можливість установці функціонувати в комплексі, задіюючи всі реактори, а у випадку необхідності взаємно замінювати або виключати окремі реактори, що дає можливість регулювати технологічний процес, а у випадку аварійної ситуації проводити ремонт не зупиняючи повністю весь технологічний модуль. Біореактор – це повністю герметичний резервуар (ємність), оброблена антикислотним покриттям, і антикорозійна з зовні. Перемішування всередині реактора здійснюється декількома способами, зокрема зануреними мішалками, або в інших випадках застосовуються пневматичні мішалки. Термін служби реактора більш 25-30 років. Системи біогазових установок, зазвичай, автоматизовані, проте можуть працювати і в мануальному (ручному) режимі.

Інв. №1000Л.	Плоп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №000Л.	Плоп. і дата
--------------	--------------	---------------	------------	--------------

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТС №11293636	Арк
						13

Варто також зазначати, що в процесі виробництва біогазу важливе місце займає когенерація, яка являє собою процес спільного вироблення електричної і теплової енергії в єдиному термодинамічному циклі, використовуючи один вид палива. Когенерація одночасно задовольняє потреби по багатьом видам енергії і може використовуватися майже при будь-якому виробництві, переробці або у сфері комунальних послуг. Таким чином, після отримання необхідного продукту – біогазу, потрібно його ефективно використати. Біогаз можна застосовувати по-різному. На думку такого економічного вченого як Токарчук Д.М., біогаз відкриває такі численні можливості використання: - біогаз може застосовуватися на місці його виробництва у якості палива; - з біогазу можна виробляти енергію. У той же час можна використовувати відхідне тепло, яке при цьому утворюється. Тому біогаз пропонує цікаві можливості для децентралізованого енергозабезпечення і є цікавою альтернативою, зокрема, для великих аграрних підприємств в Україні; - біогаз, доведений до якості природного газу (біометану), може подаватися в загальну газорозподільну мережу, яка є відмінним шляхом транспортування біогазу до споживачів та енергонакопичувачів. На відміну від дорогих і неефективних можливостей накопичення перемінних резервів сонячної та вітрової енергії, газорозподільна мережа дозволяє майже без втрат поєднати виробництво і споживання енергії. Крім того, виробництво біогазу створює додаткову зайнятість і є джерелом доходу, зокрема, в сільській місцевості. На відміну від вітрової і сонячної енергетики, одна біогазова установка може легко досягти показника 70-80% у використанні «місцевої складової», що є важливим плюсом для економіки країни.

Розщеплення органіки на окремі складові і перетворення в метан може проходити лише у вологому середовищі, оскільки бактерії можуть переробляти лише речовини в розчиненому вигляді. Таким чином, для бродіння твердих субстратів (помилково іноді називається сухим бродінням) існує потреба у воді. Біологічний процес послідовної (стадійної) конверсії органічних з'єднань

№в.№докл.	Підп. і дата	Взаєм.ІНБ.№	№в.№докл.	Підп. і дата
-----------	--------------	-------------	-----------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС №11293636	Арк
						14

можливий тільки в анаеробному середовищі, тобто в закритій від доступу кисню камері (біологічний реактор або ферментатор). На першій стадії аеробні бактерії перебудовують високомолекулярні органічні субстанції (білок, вуглеводи, жири, целюлозу) за допомогою ензимів - на низькомолекулярні сполуки, такі як цукор, амінокислоти, жирні кислоти і воду. Ензими, виділені гідролізними бактеріями, прикріплюються до зовнішньої стінки бактерій (так звані екзоферменти) і при цьому розщеплюють органічні складові субстрату на малі водорозчинні молекули. Полімери перетворюються на окремі молекули. Цей процес, який отримав назву гідроліз, протікає повільно і залежить від позаклітинних ензимів таких як наприклад целюлоза, амілази, протеази і ліпази. На процес впливає рівень рН (4,5- 6) і час перебування в резервуарі.

Далі при другій стадії розщепленням займаються бактерії, які утворюють кислоти. Окремі молекули проникають у клітини бактерій, де вони продовжують розкладатися. У цьому процесі частково беруть участь анаеробні бактерії, що вживають залишки кисню і утворюють тим самим необхідні для метанових бактерій анаеробні умови. При рівні рН 6-7,5 виробляються в першу чергу нестійкі жирні кислоти (карбонові кислоти - оцтова, мурашина, масляна, пропіонова кислоти), низькомолекулярні алкогольні речовини - етанол і гази – двоокис вуглецю, вуглець, сірководень та аміак (рис 1.1). Цей етап називають фазою окислення (рівень рН знижується).

Після цього на третій стадії кислотоутворюючі бактерії з органічних кислот створюють вихідні продукти для утворення метану, а саме: оцтової кислоти, двоокису вуглецю і вуглець. Такі бактерії, які знижують кількість вуглецю є дуже чутливими до температури.

На останньому етапі утворюється метан, двоокис вуглецю і вода в лажной межах як продукт життєдіяльності метанових бактерій з оцтової та мурашиної кислоти, вуглецю і водню. 90% всього метану виробляється на цьому етапі, 70% походить з оцтової кислоти. Таким чином, утворення оцтової кислоти (тобто 3

Інв. №1000Л.	Піп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №000Л.	Піп. і дата
--------------	-------------	---------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС №11293636	Арк
						15

етап розщеплення) є фактором, що визначає швидкість утворення метану. Метанові бактерії виключно анаеробні. Оптимальний рівень рН становить 7, при чому амплітуда температурних коливань може бути в межах 6,6-8.

Таблиця 1. Склад та енергоємність біогазу

Склад	Середнє значення
Метан, %	65
Вуглекислий газ, %	34
Інші гази, %	до 1, в тому числі H ₂ S до 0,1
Вода (при 40°C), г/кг	51,2
Енергоємність	
МДж/м ³	23
ккал/м ³	5500
кВт/м ³	6,5

Конструктивно метантенк являє собою резервуар циліндричної або рідше прямокутної форми, який може бути повністю або частково заглиблений в землю. Днище та стінки метантенка виконують з залізобетону, металу або полімерних матеріалів. Головний критерій вибору конструкції реактора – це можливість реалізувати її на практиці та зручність з точки зору обслуговування та експлуатації.

Інв. № 10001.	Підп. і дата
Взаєм. ІНБ. №	№. № 0001.

					ТС №11293636		Арк
Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			16

- 4) консольний вал значно зменшує зношення деталі, на відміну від нижніх підшипників;
- 5) Кожен подрібнювач має програмований логічний контролер для захисту машини від пошкоджень і перевантажень.

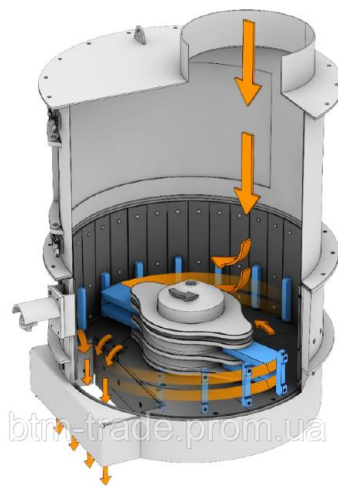


Рисунок 1.6 Подрібнювач біомаси на біогазовій установці

Ферментатор. Ферментатор важлива частина біогазової установки, виготовлена з листового металу з емальованим покриттям. Металевий реактор встановлений на бетонній основі. Шар емалі захищає поверхню всієї металевої конструкції. Емаль склоподібна і дуже стійка до рН та механічних пошкоджень. Емальований ферментатор зібраний з сталевих сегментів. Такий ферментатор швидко і безпечно монтується. Сталевий ферментатор має такі переваги:

Інв. №10001.	Плоп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №00001.	Плоп. і дата
--------------	--------------	---------------	-------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

19

- 1) Сталеві панелі зроблені за шаховим принципом. Таким чином, досягається непроникність субстрату через з'єднання, можливість заміни певних панелей і можливість розширення ферментатора;
- 2) Покриття з емалі, що нашаровується за методом PUESTA. Це спеціальна пудра, яка укладається в шари електростатичним притяганням. Таким чином, досягається однорідність покриття, щільність і гладкість;
- 3) Болти зроблені з нержавіючої сталі;
- 4) Всі елементи (фланці та ін.) приєднуються через EPDM мембрану, щоб захистити емаль. Для зменшення споживання тепла і підтримки постійної температури, ферментатор має температурну ізоляцію. Зовні ферментатор покритий декоративним покриттям.

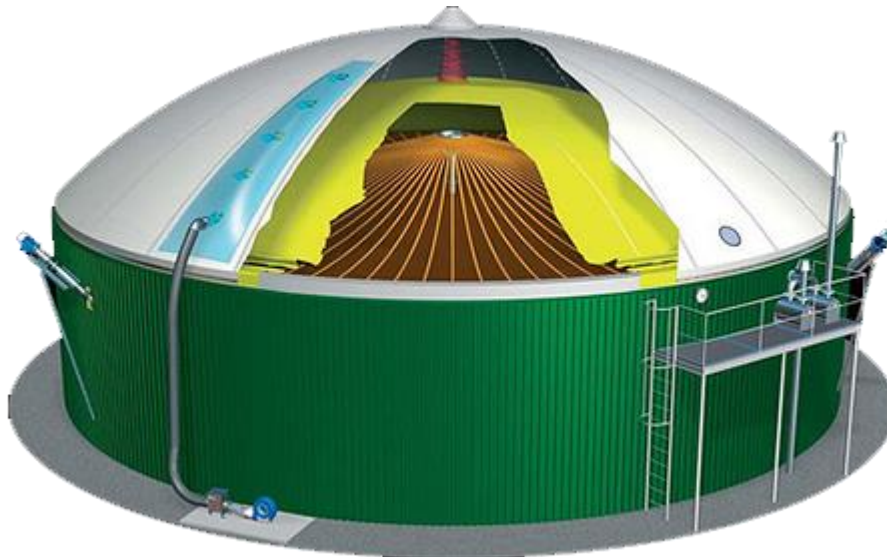


Рисунок 1.7 Ферментатор, в якому взаємодіють бактерії і виділяється біогаз з біосубстрата

Перемішуючі пристрої. Для перемішування субстрату в метантенку використовуються перемішуючі пристрої (мішалки), які можуть бути механічними, гідравлічними та пневматичними. Для зменшення утворення осаду та унеможливлення виникнення плаваючої кірки необхідно забезпечити турбулентність у всіх зонах реактора. Тому такі мішалки можуть ефективно використовуватись лише в невеликих реакторах. Проте, якщо йдеться про субстрати малої в'язкості, що містять мало речовин, схильних до осадження або

№в. №1000Л.	Підп. і дата
Взаєм. ІНБ. №	№в. №000Л.

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

ТС №11293636

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 типічним рішенням. Останнім часом для перемішування субстрату в метантенках частіше застосовуються заглиблені механічні мішалки. Заглиблена мішалка з точки зору технологічності процесу перемішування є не типічним обладнанням, оскільки її розміщення в різних ємностях буде сприяти підтримці гідродинамічних потоків різноманітної орієнтації. На відміну від перемішуючих пристроїв поверхневого типу, потоки яких направляються від поверхні рідини до днища ємності, заглибні мішалки здатні здійснити гідродинамічні потоки рідини різного типу. Для перемішування субстрату в метантенку в підвішеному стані в більшості випадків встановлюються електромеханічні мішалки. Похила мішалка в біогазовій установках використовується для ретельного перемішування поновлюваних джерел енергії (ВДЕ), гною та інших субстратів. Ретельне і безпечне перемішування субстрату гвинтом дозволяє оптимізувати ферментацію. У метантенках можна реалізувати два гідродинамічних принципи перемішування, назвемо їх умовно: «зонний» і «карусельний». При зонному принципі передбачає одна мішалка нездатна обслужити довгий метантенк, і обмежена максимально-можливою довжиною зони перемішування.



Інв. №10001.	Піп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№в. №0001.	Піп. і дата
--------------	-------------	---------------	------------	-------------

					ТС №11293636		Арк
Випр.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дата			21

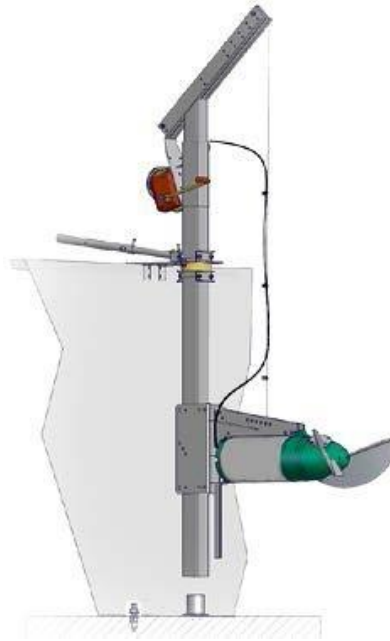


Рисунок 1.8 Занурювальна електрична мішалка

Когенераційна установка (КГУ). Когенераційна установка перетворює енергію метану в електричну та теплову енергію. Виготовляються установки на базі газопоршневих та газотурбінних двигунів. Включає станцію газопідготовки. Завдяки утилізації теплоти при виробництві електрики та уникненню трансмісійних втрат, так як електрика виробляється автономно, КГУ досягає 35% зниження у використанні первинної енергії в порівнянні з іншими типами станцій і бойлерами. Все це дає можливість зекономити, маючи вигідний баланс між електричними і тепловими навантаженнями. Іншим важливим КГУ є екологічна чистота системи. КГУ відрізняється низьким рівнем викидів, а також дозволяє знизити викиди теплоти в атмосферу. На сьогоднішній день всі КГУ дозволяють досягти 10% скорочення все викидів CO₂ в порівнянні з газовими турбінами подвійного циклу.

Газгольдер. Газгольдер використовується в якості газонепроникного покриття ферментатора і виконує функцію акумулювання газу. Служить для збору біогазу, вирівнювання тиску і складу біогазу. Система газгольдера має двошарову структуру. Зовнішня – це стійка до погодних умов полістирольна

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

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-------	------	----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

22

Теплоносієм є вода з добавкою етиленгліколю. Температура на вході в ферментатор 60°C, на виході 40°C.

Факел. Факельна установка призначена для тимчасового або періодичного повного спалювання біогазу, що виробляється біогазовими установками за відсутності можливості його корисного використання як енергоносія. Спалювальна система складається з пальника і додаткових вузлів.

1.3 Аналіз ефективності отримання біогазу

Біогаз – це горючий газ, який складається з метану (CH₄: 50-75 %), вуглекислого газу (CO₂: 25-50 %), водяної пари (H₂O: 0-10 %), азоту (N₂: 0,01-5 %), кисню (O₂: 0,01-2 %), водню (H₂: 0-1 %), аміаку (NH₃: 0,01-2,5 мг/м³) та сірководню (H₂S: 10-30.000 мг/м³). Основним компонентом біогазу є метан, при згорянні якого вивільняється енергія. Склад газу є не дуже стабільним і може змінювати свій склад в залежності від типу біомаси, мікроорганізмів, що беруть участь у процесі, а також домішок та фізичних чинників впливу на процес. Біогаз є кліматично нейтральним продуктом, оскільки біомаса, яка використовується, протягом усього вегетаційного періоду, забирає з атмосфери вуглекислий газ, який потім знову вивільняється під час спалювання біогазу або біометану. Біогаз утворюється в результаті природного процесу мікробного розкладання органічної маси у вологому середовищі в анаеробних умовах (за відсутності кисню). Процес утворення біогазу називають метановим бродінням. Його суть полягає в анаеробному бродінні, яке відбувається внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів і супроводжується рядом біохімічних реакцій. Процес утворення біогазу (метаногенез) проходить у три стадії: перша стадія – розкладання органічної маси (гідроліз); друга стадія – розмноження кислотоутворюючих бактерій (ацетогенез); третя стадія – розмноження метаноутворюючих бактерій (метаногенез). Ці реакції протікають одночасно, при чому умови існування метаноутворюючих бактерій значно вищі, ніж

Інв. №1000Л.	Плоп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №000Л.	Плоп. і дата	TC №11293636	Арк
						25
	Випр.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дата	

кислотоутворюючих. Швидкість і масштаб анаеробного бродіння метаноутворюючих бактерій залежать від їх метаболічної активності.

На інтенсивність процесу зброджування і, як наслідок, утворення біогазу можуть впливати чотири групи чинників:

- біологічні (склад зброджуваної біомаси; склад мікрофлори; умови життєдіяльності мікроорганізмів)
- фізичні (температура зброджування; тиску біогазовій установці; гідравлічний режим),
- хімічні (концентрація, кислотність середовища; вміст летких жирних кислот в зброджуваній масі; обсяг і склад біогазу, що утворюється)
- організаційно-технологічні (до задобового завантаження нових порцій зброджуваної маси; навантаження за беззольною речовиною; залишкові речовини).

Весь цей не простий комплекс перетворень здійснює велика кількість мікроорганізмів (за деякими оцінками – до декількох сотень видів), серед яких переважають бактерії. Кількісний і якісний склад мікрофлори сильно залежить від складу зброджуваних органічних речовин і умов, які створюються в навколишньому середовищі. При всій різноманітності біогазових технологій серед них виділяються два великі класи:

- централізовані біогазові установки, що характеризуються великими габаритами, а денний об'єм сировини, яка піддається ферментації, складає від 50 до 100 тонн;
- індивідуальні біогазові установки, значно менших розмірів та об'ємів переробленої сировини.

1.4 Вплив певного виду субстрату та його перемішування на вихід біогазу [26]

Дослідження були проведені на різних субстратах: гноївка ВРХ, курячий послід та їх суміші. При дослідження впливу гною ВРХ на вихід біогазу брався до уваги раціон корму: в одному випадку основу корму складали концкорми і

№в.№докл.	Поп. і дата	Взаєм.ІНБ.№	№в.№докл.	Поп. і дата
-----------	-------------	-------------	-----------	-------------

Випр.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дата	ТС №11293636	Арк
						26

сіно, в іншому випадку - солома. Дослідження впливу годівлі ВРХ на вихід біогазу представлено на рис. 1.11. За наявності в гної великої кількості неперетравленої целюлози і геміцелюлози вихід біогазу зменшується в 1,7 рази.

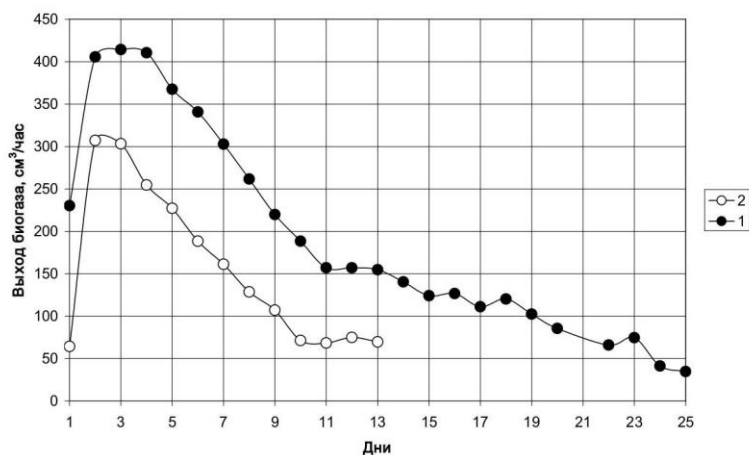


Рисунок 1.11 Вихід біогазу при метановому зброджуванні гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 40°C [26]

1 – при кормлінні ВРХ сіном і концентратами; 2 – при кормлінні ВРХ грубими кормами (соломою)

При використанні в якості субстрату курячого посліду, у порівнянні з гноївкою ВРХ, вихід біогазу різко зростає (рис. 1.12).

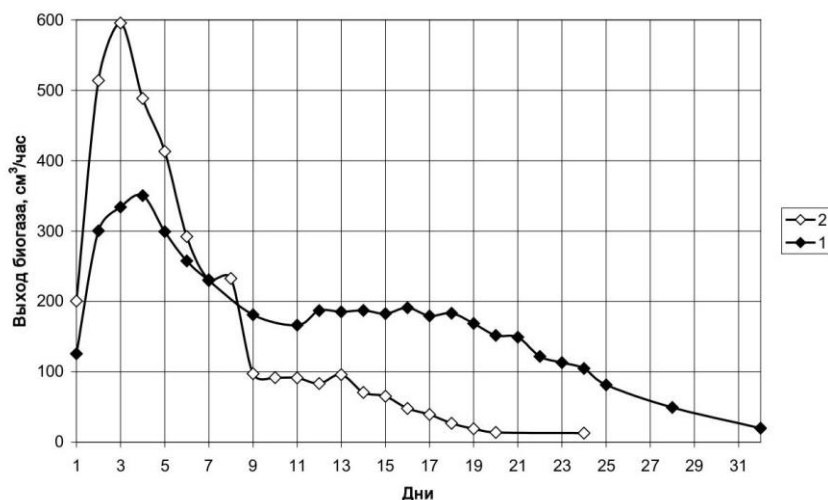


Рисунок 1.12 Вихід біогазу при метановому зброджуванні різних субстратів без перемішування [26]

1 – гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 40°C; 2 – курячого посліду вологістю 73% при температурі 40°C

Інв. №1000Л.	Підп. і дата
Взаєм. ІНБ. №	№в. №000Л.

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-------	------	----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

27

1.5 Використання біогазових установок в Україні та в світі

Основною перешкодою для розвитку біогазових установок в Україні є те, що наявні в Україні біогазові установки мають незначну питому величину виходу біогазу. Це пов'язано насамперед з тим, що їхні конструкції не передбачають ефективного перемішування збродженої маси, інокуляції вхідної маси, утримання анаеробної мікрофлори в метантенку. Питання теплової ефективності біогазових установок та економічної ефективності використання збродженого гною та посліду поки що не вирішено для установок промислового масштабу. Взагалі Біоенергетика є однією з найперспективніших складових відновлювальної енергетики України. Вона заснована на використанні енергії біомаси – вуглецевмістких органічних речовин рослинного та тваринного походження. Біомаса, на відміну від інших відновлюваних джерел енергії, є універсальним джерелом енергії, яке може використовуватися як для виробництва електричної та теплової енергії, так і для отримання біопалива на транспортні потреби.



Рисунок 1.13 Зростання кількості біогазових установок і обсяг виробленого ними електрики в Україні [27]

Піп. / Дата
№. №Фол.
Взаєм. ІНБ. №
Піп. / Дата
ІНБ. №Фол.

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-------	------	----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

29

для виробництва біогазу. У тій же Німеччині, під такі енергетичні культури культивується понад 1,2 мільйона гектарів землі. На ринку Західної Європи присутня значна різноманітність біогазових установок різної потужності та конструкцій: великих (більше 1000 кВт), середніх (від 500 до 1000 кВт) та малих (до 500 кВт). У чинних БГУ переважають реактори циліндричної форми. У таких реакторах з певною ефективністю можна перемішувати субстрат, вивантажувати зброджений субстрат, видаляти біогаз і руйнувати поверхневу кірку. При будівництві реакторів використовують бетон, залізобетон, сталевий лист, склопластик. Місткість бродильної камери не повинна мати доступу повітря, а корпус мати теплоізоляцію та корозійну стійкість. У середині бродильної камери повинна підтримуватися постійна температура, для чого вона обладнана пристроями для термостабілізації. Слід зазначити, що представлений варіант біореактора, як і більшість наявних, мають теплоізоляцію та забезпечують працездатність взимку не тільки в районах південної і центральної Європи з м'яким кліматом, а також в країнах з континентальним кліматом.



Рисунок 1.15 Біогазова установка Röblingen, Німеччина

Біогазова установка Röblingen, Німеччина. Рік введення в експлуатацію - 2011 Продуктивність (потужність) - 700 Нм³ / год Біометан + 899 кВт Субстрати: рідкий свинячий гній, коров'ячий гній, пташиний послід, кукурудзяний силос, зернові.

Інв. №1000Л.	Плоп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №000Л.	Плоп. і дата
--------------	--------------	---------------	------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС №11293636	Арк
						32

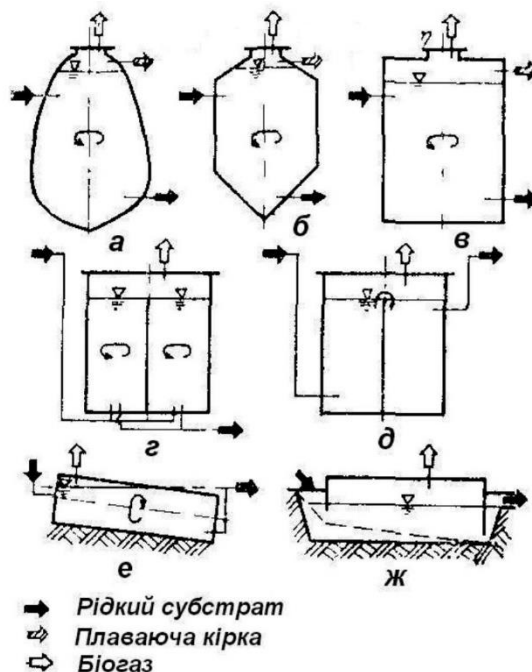


Рисунок 2.1 Форми метантенків: а) яйцеподібна; б) циліндрична з конусною верхньою або нижньою частинами; в) циліндрична; г) циліндрична з перегородкою; д) кубічна; е) горизонтальна; ж) в вигляді виритої в ґрунті траншеї

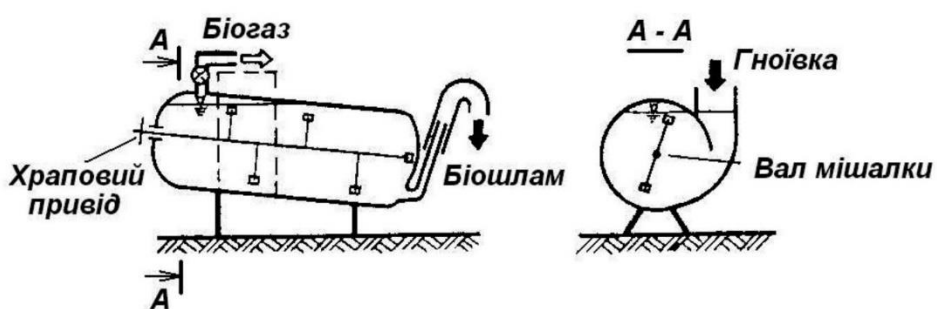


Рисунок 2.2 Горизонтальний метантенк з перемішувачем
 У горизонтальному метантенку субстрат переміщується в подовжньому напрямку, причому для невеликих установок можна застосовувати циліндричні

Інв. № 0001.	Плоп. і дата
Взаєм. ІНБ. №	№ № 0001.
Плоп. і дата	
Інв. № 0001.	

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

ТС №11293636

біореактори, зроблені із сталі або склопластика. Перемішування субстрату відбувається за допомогою горизонтальної мішалки.

Бродильна камера у вигляді виритої в ґрунті траншеї дозволяє обробляти великі кількості субстрату. Як будівельний матеріал використовують, як правило, бетон. Поверх субстрату плаває металічний поплавко-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. 5). Еластична кришка-поплавко підтримується на плаву за допомогою пінопластових плит.

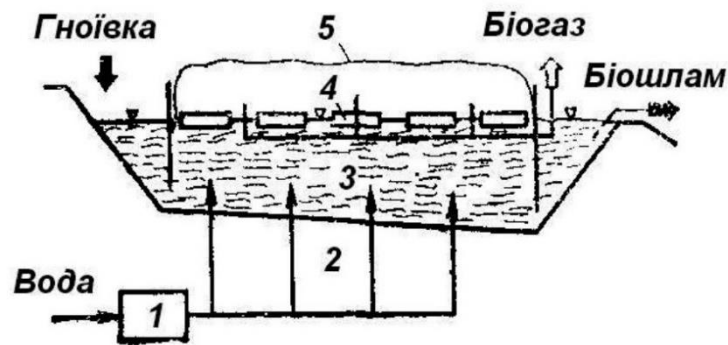


Рисунок 2.3 Метантенк у вигляді виритої в ґрунті траншеї із еластичною кришкою-поплавком

2.2 Види перемішувачів пристроїв у метантенку

В метантенку необхідно використовувати високоякісні мішалки, оскільки вони підтримують гомогенність субстрату, рівномірно розподіляють біомасу і теплоту та запобігають утворенню донних відкладень та плаваючого шару. За способом перемішування в метантенку біогазові установки підрозділяються на установки, в яких перемішування може здійснюватися з допомогою механічних засобів, гідравлічними системами та під тиском пневматичної системи.

Механічні мішалки ефективні при переробці важких субстратів з вмістом сухої речовини (СР) до 20% або в саморобних біогенераторах малого об'єму з ручними мішалками. Велика частина перемішувачів пристроїв представляє собою горизонтально або вертикально встановлений вал, на якому

Інв. №1000Л.	Плоп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №000Л.	Плоп. і дата
--------------	--------------	---------------	------------	--------------

Випр.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата
-------	------	----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

35



Рисунок 2.3 Способи перемішування осаду

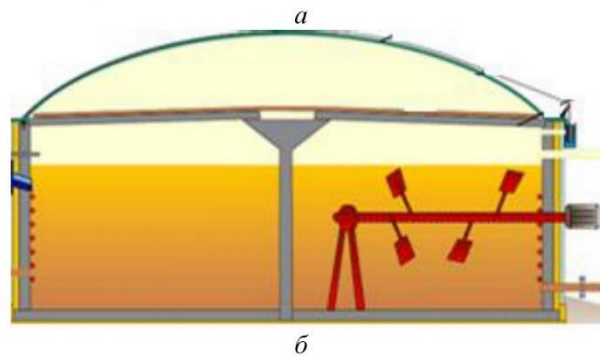


Рисунок 2.4 Лопатеві мішалки в метантенках: а) горизонтальна витискна з трубами опалення; б) на штативі Zorg.

Також існують системи гідравлічного перемішування, в них використовують як правило, потужний відцентровий насос, який буде відповідати також за наповнення ферментатора з змішувального резервуара, а також за наповнення цистерн з резервуара зберігання. Бажана функція встановлюється шляхом зміни напрямку подачі субстрату за допомогою запірною шибера. Відсмоктування і подача субстрату повинні відбуватися таким чином, щоб вміст метантенку, по можливості, повністю перемішувався.

Інв. №1000Л.	Підп. і дата
Взаєм. Інв. №	№в. №000Л.
Підп. і дата	

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-------	------	----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

37

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ВПЛИВАЮЧИХ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕМІШУВАННЯ БІОМАСИ

3.1 Механічний спосіб перемішування

В попередньому розділі було розглянуто способи перемішування біомаси в метантенках та коротко описано про кожен із способів. Самим найпоширенішим способом перемішування є механічний. В цьому розділі я більш детально розповім про найбільш використовуваний спосіб та проведу аналіз параметрів, які впливають на ефективність перемішування.

Отже найпоширенішим методом перемішування є механічний. Використання механічних мішалок залежить від в'язкості і вмісту твердих речовин в субстраті. Пропелерні мішалки. Результат перемішування в значній мірі визначається швидкістю та ефективністю потоку, створюваного в усьому обсязі резервуара. Величина цього потоку, в свою чергу, залежить від сили тяги. Факторами, що визначають споживання енергії при створенні сили тяги, є гідравлічна ефективність, швидкість обертання і діаметр пропелера. Пропелер, в залежності від свого розташування, виробляє течію в горизонтальному або вертикальному напрямку. Зручним для запобігання утворенню плаваючих кірок і осаду є можливість змінювати висоту розташування мішалки.

Для перемішування біомаси в метантенці часто використовуються механічні мішалки. Подібні мішалки досить ефективні в невеликих реакторах при переробці важких субстратів. Однак якщо використовуються субстрати з малою в'язкістю, та до того ж містять мало речовин, схильні до осадження або утворення плаваючої кірки, то механічні пристрої застосовують і в відносно великих реакторах. Звичайно, механічні мішалки найбільш практичні для простих і невеликих біогазових установок, які використовуються в індивідуальних господарствах. В якості такої мішалки може служити, наприклад, звичайний вал з лопатками, що приводиться в рух «від руки».

№в. №докл.	Підп. і дата
Взаєм. №в. №	Підп. і дата
№в. №докл.	Підп. і дата

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-------	------	----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

39



Рисунок 3.1 Заглиблена мішалка

На відміну від перемішувачих пристроїв поверхневого типу, потоки яких направляються від поверхні рідини до дна ємності, заглибні мішалки можуть здійснювати гідродинамічні потоки рідини різного типу. Для перемішування субстрату в метантенку у підвішеному стані найчастіше встановлюються електромеханічні мішалки.

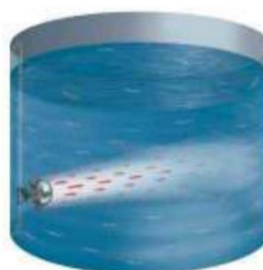
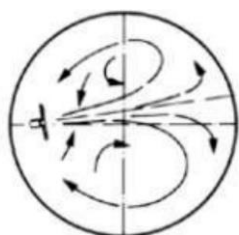


Рисунок 3.2 Схема перемішування субстрату заглибленою пропелерною мішалкою

Схожу функцію, як і пропелерні заглиблені мішалки можуть виконувати мішалки з подовжений валом, які занурюють через перекриття резервуара, або через стіну. В цьому випадку двигун знаходиться зовні і через подовжений вал приводить в рух пропелер. Ці мішалки на відміну від гвинтових заглиблених мішалок можуть працювати при температурі субстрату істотно вище 40°C. Для в'язких субстратів, що містять волокна слід звернути увагу на те, щоб мішалка могла повертатися не тільки в вертикальному, а й горизонтальному напрямку. Такі міксери можуть бути також оснащені ріжучими пристроями для подрібнення волокон. Для цього застосовують або пропелери з навареними

Інв. №10001.	Піп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. №0001.	Піп. і дата
--------------	-------------	---------------	-----------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

41

зубцями (наплавлений валик) або спеціальні, серповидні ріжучі пристрої, що встановлюються додатково крім пропелерів на валу мішалки.

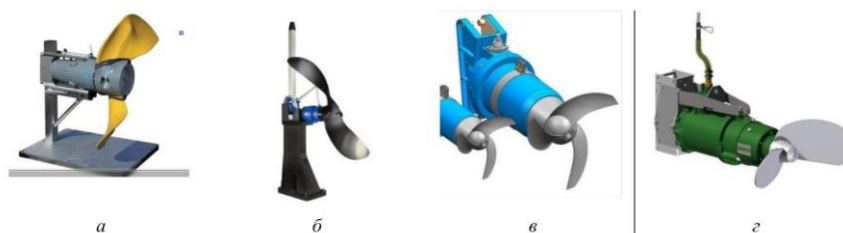


Рисунок 3.3 Види мішалок з заглибленим двигуном: а) «бананова» Flygt; б) низькооборотна крупнолопатева Amargor, в) високооборотна Amamix, г) Bauer MSXH.

Таблиця 2. Особливості експлуатації перемішувачів

Мішалка з подовженим валом	Мішалка із заглибленим двигуном	Центральна мішалка	Лопатева мішалка
Придатність			
усі субстрати за технологією мокрого зброджування, тільки в реакторах вертикального розташування	1) усі субстрати за технологією мокрого зброджування; 2) не підходить для дуже високої вологості	усі субстрати за технологією мокрого зброджування, тільки в реакторах вертикального розташування	усі субстрати за технологією мокрого зброджування (особливо для субстратів з великим вмістом СР)
Особливості експлуатації			
1) отвори для осі мішалки повинні бути газонепроникними; 2) періодичне керування, наприклад, за допомогою реле часу або інше керування процесами; 3)	1) отвір для прямої труби у перекритті реактора не повинен пропускати біогаз; 2) корпуси двигунів повинні бути повністю непроникними	1) отвори для осі мішалки повинні бути газонепроникними; 2) можливе регулювання швидкості обертання за допомогою перетворювачів	1) отвори для осі мішалки повинні бути газонепроникними 2) можливе регулювання швидкості обертання за допомогою

№. Верс. / Поп. / Дата
 №. Необробл.
 Взаєм. Інв. №
 Поп. / Дата
 №. Верс. / Поп. / Дата

Випр. Арк. № докум. Підп. Дата

ТС №11293636

Арк

42

можливий повільний пуск і регулювання швидкості обертання за допомогою перетворювачів частоти	для рідини, іноді можливо рекомендувати систему автоматичного знаходження течії в корпусі двигуна; 3) охолодження двигуна повинно забезпечуватися і при високих температурах у реакторі;	частоти	перетворювачів частоти
---	---	---------	------------------------

Таблиця 3. Переваги перемішуючих пристроїв

Мішалка з подовженим валом	Мішалка із заглибленим двигуном	Центральна мішалка	Лопатева мішалка
Переваги			
1) можливість досягнути якісного перемішування в реакторі; 2) практично ніяких рухомих частин у реакторі; 3) привід за межами реактора, зручне технічне обслуговування; 4) при безперервній експлуатації можливо запобігти осадженню та спливанню	1) утворює турбулентний потік, таким чином забезпечує добре перемішування в реакторі та видалення піни і осаду; 2) завдяки дуже добрій рухомості можливе цілеспрямоване перемішування в усіх зонах реактора	1) можливість досягнути якісного перемішування в реакторі; 2) практично ніяких рухомих частин у реакторі; 3) привід за межами реактора, зручне технічне обслуговування; 4) тонкі шари піни можуть засмоктуватися вниз; 5) в істотному ступені запобігають безперервним процесам осадження та спливання	1) можливість досягнути якісного перемішування в реакторі; 2) привід простий у технічному обслуговуванні за межами реактора, також можливе підключення валів з цапфою; 3) запобігання процесам осадження та спливання

№в. №докл.	Підп. / дата
Взаєм. ІНБ. №	
Підп. / дата	
ІНБ. №докл.	

Випр.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата
-------	------	-----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

43

Таблиця 4. Недоліки перемішуючих пристроїв

Мішалка з подовженим валом	Мішалка із заглибленим двигуном	Центральна мішалка	Лопатева мішалка
Недоліки			
<p>1) внаслідок стаціонарної установки можливе неповне перемішування;</p> <p>2) із-за цього можливе утворення осаду і піни;</p> <p>3) із-за періодичного перемішування можливі процеси осадження і спливання;</p> <p>4) якщо двигуни знаходяться за межами реактора, можливі проблеми із-за їх шумності;</p> <p>5) підшипники і вали, що знаходяться в реакторі, схильні до неполадок, іноді може знадобитися часткове або повне спорожнення реактора</p>	<p>1) із-за напрямних шин багато рухомих частин у реакторі;</p> <p>2) для технічного обслуговування необхідно отвір у реакторі, але у більшості випадків випорожнення можливо запобігти (у випадку оснащення лебідкою);</p> <p>3) положення мішалки повинно бути визначено перед введенням в експлуатацію</p>	<p>1) внаслідок стаціонарної установки можливе неповне перемішування;</p> <p>2) із-за цього можливе утворення осаду і піни, в особливості до цього схильні зони по краям реактора;</p> <p>3) підшипник вала піддається великим навантаженням, тому може потребувати інтенсивного технічного обслуговування</p>	<p>1) для технічного обслуговування лопатей реактор потрібно спорожнити;</p> <p>2) при аваріях на реакторах зброджування твердих речовин необхідне ручне розвантаження усього реактора (іноді можливо використовувати розпушування (додаткова мішалка) і відкачування насосами);</p> <p>3) можливе не повне перемішування із-за стаціонарної установки, течія в реакторі повинна забезпечуватися за допомогою додаткових агрегатів</p>

Підп. / дата

№. №. №. №. №.

Взаєм. ІНБ. №

Підп. / дата

ІНБ. №. №. №.

ТС №11293636

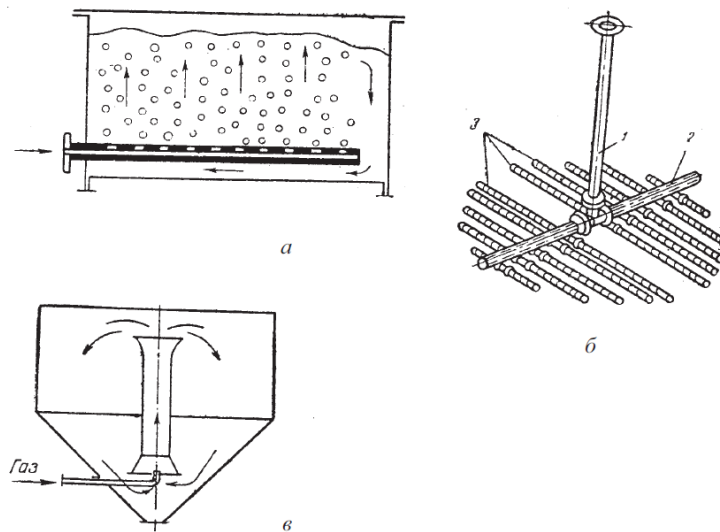
Арк

44

Випр. Арк. № докум. Підп. Дата

такий спосіб підвищує вміст во-логи в біогазі, для усунення якої при підготовленні газу до викорис-тання необхідні додаткові заходи.

Параметри процесу перемішування (швидкість подачі потоку рідини в метантенк та руху субстрату), а також їх взаємозв'язок з часом перемішування залежать від фізичних властивостей завантаженого субстрату. Встановлення оптимальних параметрів перемішування субстрату в біогазовій установці для забезпечення інтенсивного утворення біогазу можливо за результатами математичного моделювання процесу перемішування. Математичне дослідження процесу перемішування субстрату в біогазовій установці дозволяє визначити залежності параметрів процесу бродіння, зокрема швидкості обертання субстрату, від інтенсивності перемішування.



а – барботер; б – повітряні канали барботера: 1,2 – відповідно вертикальний та горизонтальний повітряходи; 3 – повітрярозподільні трубки; в – змішувальний апарат з ерліфтом для обробки сипучої продукції.

Рис. 3.4 Машини для пневматичного перемішування

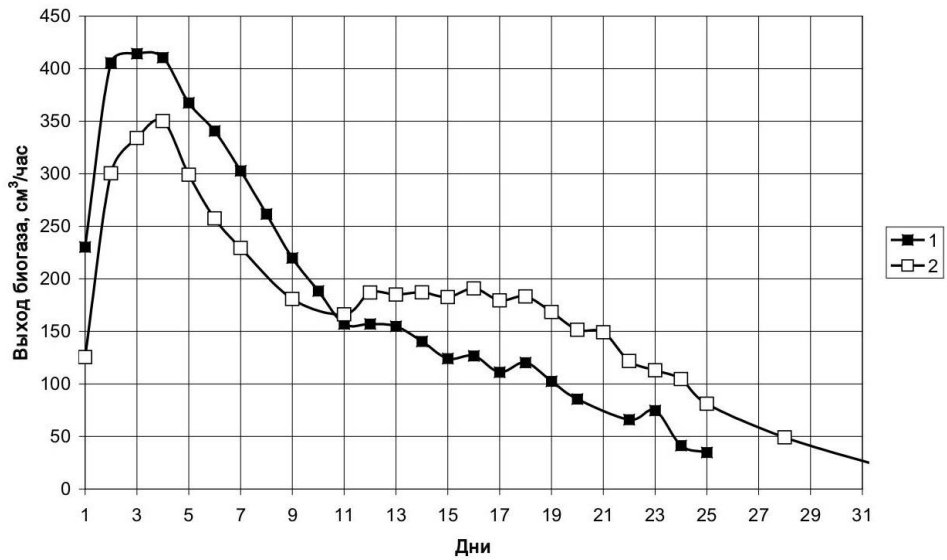
Інв. №1000Л.	Поп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №000Л.	Поп. і дата
--------------	-------------	---------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

ТС №11293636

Арк

46



1 – при перемішуванні; 2 – без перемішування

Рис. 3.5 Вихід біогазу при метановому зброджуванні гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 40°

Перемішування перешкоджає утворенню плаваючої кірки на поверхні субстрату та запобігає утворенню осаду на дні біогазової установки. Оскільки субстрат є органічною сировиною важливо визначити оптимальні параметри його перемішування для забезпечення ефективності роботи біогазової установки.

Затрати електроенергії для перемішування субстрату. Витрати електроенергії на цьому етапі складаються з витрат на подачу біосировини до пристрою розділення біомаси, на роботу розділювача, подрібнювача та на перекачування підготовленої біосировини до підігрівача-витримувача. Загальна кількість енергії, що витрачається на низькотемпературну підготовку біосировини, знаходиться в функціональній залежності від кількості біосировини, яка пропорційна потужності біогазової установки, та якості сировини, що залежить від її фракційного складу та вологості. Відповідно добові витрати електричної енергії на першому етапі роботи реактора знаходяться в межах від 6,3 до 7,1 кВт год./м³.

№. №100Л.	Плоп. і дата
Взаєм. ІНБ. №	№. №00Л.
Плоп. і дата	
ІНБ. №100Л.	

Таблиця 5. Параметри роботи гідравлічних систем

Параметри	Аналіз параметру
Особливість експлуатації	Залежність продуктивності насосів від фізико-механічних властивостей субстрату
Придатність	Усі субстрати, що легко перекачуються при мокрому зброджуванні
Особливість конструкції	1) Заглибний відцентровий насос або сухої установки відцентровий, ексцентриковий шнековий насос або роторно-поршневий насос. 2) При використанні насосів зовнішнього розташування місця входу можливо забезпечувати рухомими напрямними трубами або форсунками, можливе перемикання різних місць входу
Переваги	Якісне перемішування в реакторі досягається заглибними центр обіжними насосами або напрямними трубами, що регулюються, завдяки цьому можливо і видалення осаду та піни
Недоліки	1) Із зовнішніми насосами без цілеспрямованого напрямку течії можливо утворення осаду та піни 2) Із зовнішніми насосами без цілеспрямованого напрямку течії осад і піну видалити не можливо

№в. №1000Л.	Підп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№в. №000Л.	Підп. і дата

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС №11293636

Арк

48

ВИСНОВОК

Метою роботи було проаналізувати параметри (переваги, недоліки, ефективність роботи, якість обслуговування) роботи перемішувачів пристроїв в біогазовій установці, аналіз шляхів покращення та модернізації роботи біогазової установки. В результаті проведеного аналізу можна зазначити, що самим поширеним способом перемішування є механічний. Подібні мішалки досить ефективні в невеликих реакторах при переробці важких субстратів. Однак якщо використовуються субстрати з малою в'язкістю, та до того ж містять мало речовин, схильні до осадження або утворення плаваючої кірки, то механічні пристрої застосовують і у відносно великих реакторах. Звичайно, механічні мішалки найбільш практичні для простих і невеликих біогазових установок, які використовуються в індивідуальних господарствах. Слід також враховувати що при механічному методі для різних типів мішалок є своя амплітуда температур, деякі з них потрібно використовувати при температурному режимі до 40 °С, оскільки в іншому випадку вони не будуть в достатній мірі охолоджуватися, а деякі витримують більш високу температуру. Тому для покращення роботи перемішувача пристрою потрібно враховувати ряд деталей, таких як форма метантенку, температура, тиск та інші. Також було розглянуто схеми та типи біогазових установок, проведено детальний опис технічного обладнання біогазової установки.

№в. №докл.	Підп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№в. №докл.	Підп. і дата
------------	--------------	---------------	------------	--------------

						ТС №11293636	Арк
Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			50

