

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) \_\_\_\_\_ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ Електропостачання і енергоменеджменту \_\_\_\_\_

«До захисту в ЕК»  
Директор інституту (декан факультету)  
\_\_\_\_\_ Блаженко С.І. \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Балюта С.М. \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми « Електротехніка та електротехнології»  
на тему Енергозабезпечення фермерського господарства з використанням  
технології отримання біогазу.

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЕЛ-4-11ск

\_\_\_\_\_ Михайловський Олександр Володимирович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Серьогін Олександр Олександрович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Котик О.М. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 р.

Національний університет харчових технологій  
Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім акад І.С. Гулого.  
Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту  
Освітній ступінь бакалавр  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» .  
Освітньо-професійна програма «Електротехніка та електротехнології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри ЕПЕМ**

\_\_\_\_\_ /Балюта С.М./  
« 08 » квітня 2020 р.

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Михайловського Олексія Володимировича \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Енергозабезпечення фермерського господарства з використанням технології отримання біогазу»  
керівник проекту професор , к.т.н. Серьогін Олександр Олександрович  
затверджені наказом вищого навчального закладу від « 08 » 04. 2020 р. № 260- кс
2. Строк подання студентом проекту 03 червня 2020 року
3. Вихідні дані до проекту тип альтернативного джерела електричної енергії, основні характеристики біогазових установок
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Утворення біогазу. 2. Енергетичне використання біогазу. 3. Переваги та недоліки БГУ. 4. Вартість та ефективність біогазу в фермерських господарствах. 5. Принцип дії БГУ. 6. Основні елементи конструкції. 7. Схеми біогазових установок. 8. Алгоритм розрахунку конструктивно-технологічних параметрів БГУ. 9. Комбіноване виробництво електричної та теплової енергії. 10. Переваги когенераційних установок. 11. Підготовчі роботи, монтаж, експлуатація та ремонт біогазової установки. 12. Автоматизація процесів виробництва. 13. Охорона навколишнього середовища.
5. Перелік графічного матеріалу: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата
Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання 8 квітня 2020 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування	08.04.2020	
2	Аналіз літератури згідно теми проекту	10-17.04.2020	
3	Вивчення питань утворенні та використання біогазу	18-25.04.2020	
4	Питання вартості та ефективності біогазу в фермерських господарствах	26-03.05.2020	
5	Основні елементи конструкції та принцип дії БГУ	04-11.05.2020	
6	Розробки схем біогазових установок	12-19.05.2020	
7	Алгоритм розрахунку конструктивно технологічних параметрів БГУ	20-27.05.2020	
8	Монтаж та пусканалагоджувальні роботи БГУ	28.05.2020	
9	Принцип автоматизації процесів виробництва	29-30.05.2020	
10	Охорона навколишнього середовища	01-04.06.2020	
15	Оформлення пояснювальної записки проекту	05-10.06.2020	
16	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	11.06.2020 р.	

Здобувач \_\_\_\_\_ Михайловський О. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ Серьогін О. О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## **АНОТАЦІЯ**

Михайловський О.В. Енергозабезпечення фермерського господарства з використанням технології отримання біогазу. Дипломна робота – Київ, НУХТ - 2020

Дипломна робота складається з пояснювальної записки. Пояснювальну записку виконано на ... сторінках, до якої входять ... рисунків, таблиць та ... джерел використаної літератури.

Уданій дипломній роботі було розглянуто питання ефективності та доцільності використання технології отримання біогазу для енергозабезпечення фермерського господарства. Розглянуто монтаж, експлуатація та ремонт установок. Висвітлено питання впливу технології отримання біогазу на навколишнє середовище.

**БИОГАЗОВА УСТАНОВКИ, ГАЗГОЛЬДЕР, БИОГАЗ, БИОГАЗОВИЙ РЕАКТОР.**

## **АННОТАЦИЯ**

Михайловский А.В. Энергообеспечение фермерского хозяйства с использованием технологии получения биогаза. Дипломная работа – Киев, НУПТ - 2020

Дипломная работа состоит из пояснительной записки. Пояснительную записку выполнена на ... страницах, в которую входят ... рисунков, таблиц и ... источников использованной литературы.

В данной дипломной работе были рассмотрены вопросы эффективности и целесообразности использования технологии получения биогаза для энергообеспечения фермерского хозяйства. Рассмотрены монтаж, эксплуатация и ремонт установок. Освещены вопросы влияния технологии получения биогаза на окружающую среду.

**БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА, ГАЗГОЛЬДЕР, БИОГАЗ, БИОГАЗОВЫХ РЕАКТОР.**

## **ANNOTATION**

Mikhailovsky O.V. Energy supply of the farm using biogas production technology. Diploma work – Kyiv, NUFT 2020

This thesis consists of an explanatory note. The explanatory note is made on... pages, which include... figures, tables and... sources of references.

This thesis considered the issues of efficiency and expediency of using the technology of biogas production for energy supply of the farm. Installation, operation and repair of installations are considered. The issue of the impact of biogas production technology on the environment is covered.

**BIOGAS INSTALLATIONS, GAS HOLDER, BIOGAS, BIOGAS REACTOR.**

## Зміст

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЕКСПЛУАТАЦІЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК.....	11
1.1 Утворення біогазу .....	11
1.2. Енергетичне використання біогазу.....	15
1.3. Переваги та недоліки БГУ.....	16
1.4. Вартість та ефективність біогазу в фермерських господарствах...17	
РОЗДІЛ 2. БІОГАЗОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ.....	20
2.1 Принцип дії БГУ.....	20
2.2. Основні елементи конструкції.....	21
2.3. Схеми біогазових установок.....	29
РОЗДІЛ 3. Алгоритм розрахунку конструкторно-технологічних параметрів БГУ.....	36
РОЗДІЛ 4. КОГЕНЕРАЦІЙНІ УСТАНОВКИ.....	38
4.1 Комбіноване виробництво електричної та теплової енергії.....	38
4.2 Переваги когенераційних установок.....	40
РОЗДІЛ 5. ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ, МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ.....	42
5.1 Підготовчі роботи.....	42
5.2 Монтаж БГУ .....	42
5.3 Пусконаладжувальні роботи.....	43
5.4 Введення в експлуатацію біогазової установки.....	44
5.5. Експлуатація.....	45
5.6 Обслуговування та ремонт .....	46
РОЗДІЛ 6. Автоматизація процесів виробництва .....	50
РОЗДІЛ 7. Охорона навколишнього середовища.....	56
ВИСНОВОК.....	60
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	61

## ВСТУП

Через нестачу власних традиційних енергоресурсів та проблеми з їх імпортом пошук можливостей та технологій використання нетрадиційних енергоджерел є актуальним завданням. Зелені насадження населених пунктів, садів, сільгоспугідь щорічно восени створюють значні обсяги біомаси, яка, як правило, не використовується, а в деяких випадках створює проблеми з її прибиранням та утилізацією.

Одним із шляхів утилізації аграрних відходів є біогазова технологія, яка дає змогу разом із розв'язанням екологічної проблеми отримувати високоефективні органічні добрива та енергію у вигляді біогазу. Установа дає змогу переробляти різні види органічної сировини в добрива і енергію. Рідкий гній із гноєсховищ, рідка консервована біомаса кормових культур зі сховища та інша попередньо зволожена і подрібнена біомаса надходять до вагодозувального пристрою, де змішуються і подаються до підігрівача субстрату.

Біогазова установка – це установка, яка дає змогу перетворювати різні види органічної сировини в енергію у вигляді біогазу, в високоефективні органічні добрива і при цьому є розв'язком ряду екологічних проблем (ерозія ґрунтів, забруднення водою, викиди вуглекислого газу в атмосферу, тощо). Біогаз виникає внаслідок перетворення органічної субстанції (надалі скорочено - органіка) бактеріями. Різні групи бактерій розкладають органічні субстрати, що складаються переважно з води, білка, жиру, вуглеводів і мінеральних речовин на їх первинні складові - вуглекислий газ, мінерали та воду. Як продукт обміну речовин при цьому утворюється суміш газів, що отримала назву біогаз. Горючий метан ( $\text{CH}_4$ ) становить від 5 до 85% і є основним компонентом біогазу, а значить і основним енергетичними компонентами.

За великим рахунком з будь-якої органіки в умовах відсутності кисню можна добути біогаз. Бактерії повинні лише мати достатню кількість часу, щоб впоратися з матеріалом, який складно розкладається, ним можуть бути, наприклад задерев'янілі рослини. Цей процес цілеспрямовано застосовують при очищенні

стічних вод, щоб розкласти органічні сполуки шкідливих речовин. Однак деякі субстрати виявилися найбільш підходящими. Текучі, кашоподібні і взагалі субстрати, що затримують значну кількість води, найкращим чином підходять для процесу бродіння, оскільки в них можна легко витримати анаеробні умови, в той час як матеріал з великих цільних шматків як деревина краще розкладати компостуванням або іншим шляхом.

Газ метан, що міститься в біогазовій суміші, має енергетичну цінність від 10 кВт на м<sup>3</sup> і є таким же газом, як і природний газ. Якщо суміш газів переводити в електричний струм за допомогою генератора, то

при його ефективності наприклад 3,5% з 1 кВт брутто утворюється 0,35 кВт електричного струму, який можна безпосередньо подавати в мережу електричного живлення [1].

Фермери, які будують біогазові установки, як правило, переслідують цим самим єдину мету: виробництво енергії. Крім того переваги можна отримати і від інших позитивних чинників.

Принципово при будівництві біогазової установки варто врахувати такі аспекти:

- за допомогою біогазової прилади можна оздоровити підприємство, що переживає кризу. Біогазові установки, однак, можуть допомогти підтримати ефективним підприємствам залишатися такими ж ефективними;

- інвестиція в біогазову установку пов'язана з довгостроковим капіталовкладенням. Тому будівництво установки повинно бути добре розраховане з урахуванням перспективи;

- у зв'язку зі зростанням кількості біогазових установок, в деяких регіонах виникає нестача посадочних площ для вирощування субстрату, що в свою чергу збільшує ціну оренди землі. Для власників установок, безпосередньо залежать від оренди або купівлі сировини це означає великий ризик. Тому важливо виконати розрахунки за довгостроковим доступу до сировинної бази;

- рентабельність установок, незважаючи на високу винагороду за вироблену енергію все одно легко втратити. Оскільки купівля електроенергії є гарантованою,

крім витрат на сировину і ціни за оренду, вирішальне значення може мати і використання тепла. Тому варто розробляти концепції з високою ефективністю використання теплової енергії;

- метанові бактерії потребують до себе такого самого уваги як тварини в хлівах. Це означає, що успішна експлуатація біогазової установки вимагає спеціальних знань. Саме тому варто приділяти увагу освіті та підвищенню кваліфікації обслуговуючого персоналу, створення у нього відповідної зацікавленості;

- експлуатація неможлива без нагляду і проведення профілактичних робіт. Хто не готовий, в залежності від типу і розміру установки щодня мінімум 1 годину витратити на установку, тому краще не братися за цю справу;

- при вивезенні гною після установки на поля існує небезпека втрати аміаку. Тому варто використовувати спеціальну техніку з подачею на ґрунт через шланги;

З урахуванням цих обставин біогазова установка може бути цікавою і доцільною при наступних умовах:

- законодавчо врегульована в рамках ЄС оплата електричного струму з біогазу і ціни на електроенергію, яка на даний час зменшується: тобто це рентабельно тоді, коли власна ціна за електроенергію є вище ніж ціна для продажу; в наступному не рентабельним стає подолання або згладжування «пікових періодів» споживання, які, проте, можна перекривати за допомогою біогазових апаратів.

- необхідно мати перегній мінімум від 100 голів великої рогатої худоби;
- більшість самостійної роботи при будівництві допомагає зменшити втрати і може суттєво покращити рентабельність і надасть необхідні для майбутнього знання, які стануть в нагоді для усунення неполадок;

- для установок, що працюють лише на відновлювальних ресурсах корисно мати великі власні площі для вирощування енергетичних рослин з метою запобігання ризиків, пов'язаних з ціною оренди землі. Установка, яка працює переважно на об'єкті придбання сировину або на орендованій землі, може мінімізувати ці ризики шляхом укладення довгострокових договорів про поставку і оренду;

Якщо є перспектива дешево і протягом тривалого часу отримувати відповідні харчові відходи, то це може значно вплинути на рентабельність установки і заощадити на купівлі добрив. Рентабельність установки не повинна бути в залежності від постачання субстратів або, принаймні, повинна бути гарантована довгостроковими контрактами;

Головною метою даного аналізу є дослідження застосування технології отримання біогазу для енергозабезпечення фермерського господарства.

# РОЗДІЛ 1. ЕКСПЛУАТАЦІЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

## 1.1 Утворення біогазу

Процес утворення біогазу можна розділити на чотири фази (див. рис. 1.1) в кожній з яких участь беруть багато різних груп бактерій:

1. На першому етапі аеробні бактерії перебудовують високомолекулярні органічні субстанції за допомогою ензимів на низькомолекулярні сполуки, такі як цукор, амінокислоти, жирні кислоти і воду. Ензими, виділені гідролітичними бактеріями, прикріплюються до зовнішньої стінки бактерій (так звані екзоферменти) і при цьому розщеплюють органічні складові субстрату на малі водорозчинні молекули. Полімери (багатомолекулярні утворення) перетворюються на одномери (окремі молекули). Цей процес, що отримав назву гідроліз, має повільний плин і залежить від позаклітинних ензимів як напр. целюлоза, амілази, протеази і ліпази. На процес впливає рівень рН (4,5- 6) і час перебування в резервуарі;

2. Далі розщепленням займаються кислотоутворюючі бактерії. Окремі молекули проникають в 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 спирти - етанол і гази - двоокис вуглецю, вуглець, сірководень, аміак. Цей етап називають фазою окислення (рівень рН знижується);

3. Після цього кислотоутворюючі бактерії з органічних кислот створюють вихідні продукти для утворення метану, а саме: оцтову кислоту, двоокис вуглецю і вуглець. Такі бактерії, що знижують кількість вуглецю, є дуже чутливими до температури.

4. На останньому етапі утворюється метан, двоокис вуглецю і вода 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 етап - розщеплення) є фактором, що визначає швидкість утворення метану. Метанові бактерії виключно анаеробні. Оптимальний рівень рН становить 7.



Рисунок 1.1 - Фази утворення біогазу

Розщеплення органіки на окремі складові і перетворення в метан може проходити лише у вологому середовищі, оскільки бактерії можуть переробляти лише речовини в розчиненому вигляді.

На сьогоднішній день науці відомо близько 10 різних видів метаноккок і метанобактерія, розміром всього лише 1/1000 мм, здатних жити в різній середовищі.

У процесі розщеплення продукти переварювання (обміну речовин) кожної групи бактерій виступають поживними речовинами для наступної групи бактерій. Пофазно розщеплення органіки відбувається не з однаковою швидкістю. Різні групи бактерій працюють з різною швидкістю. У той час як аеробні бактерії при

достатньому харчуванні подвоюють свою масу протягом 20 хв. - 10 годин (час генерації), анаеробні бактерії істотно повільніше. Фаза утворення оцтової кислоти проходить найбільш повільно. Бактеріям необхідно багато днів для розщеплення поживних речовин і подвоєння своєї маси. Серед метанових бактерій також є кілька повільних видів, у першу чергу чисті культури вимагають для цього 3-5 днів. Всі інші розщеплюють оцтову кислоту на метан протягом від декількох годин до трьох днів.

Швидше за всіх працюють кислотоутворюючі бактерії, що виробляють перші перетворення органіки вже протягом від декількох годин до 2 днів. В ідеальному випадку між фазами розщеплення встановлюється динамічна рівновага в концентрації речовин, а саме між надходженням поживних речовин і їх розщепленням. Найчастіша помилка є перегодовування бактерій швидкорозщеплюючим субстратом, що призводить до накопичення кислот через кислотоутворюючі бактерії. У зв'язку з цим може наступити дуже різке падіння рівня рН, якого не переживуть інші бактерії.

Динамічна рівновага також визначається легкістю розщеплення субстрату. Цукор і крохмаль, наприклад, через свою просту структуру розщеплюються дуже швидко і вимагають лише короткого часу перебування в ферментаторі. Чим складніше структура субстрату, тим довше триватиме розщеплення. Целюлози і геміцелюлози мають широко розгалужену структуру і розкладаються повільно. Лігнін, задерев'яніла речовина у рослин, кількість якого зростає з віком рослини, розкладається бактеріями дуже погано, оскільки він виявляє стійкість навіть до кислот.

Швидкість розщеплення субстратів має прямий вплив на технічно необхідний час для бродіння. Таким чином, вже при плануванні біогазової установки варто чітко визначити, який субстрат або які субстрати будуть використовуватися для бродіння. Час бродіння, таким чином, визначається динамікою анаеробного розщеплення і швидкістю розщеплення певного субстрату.

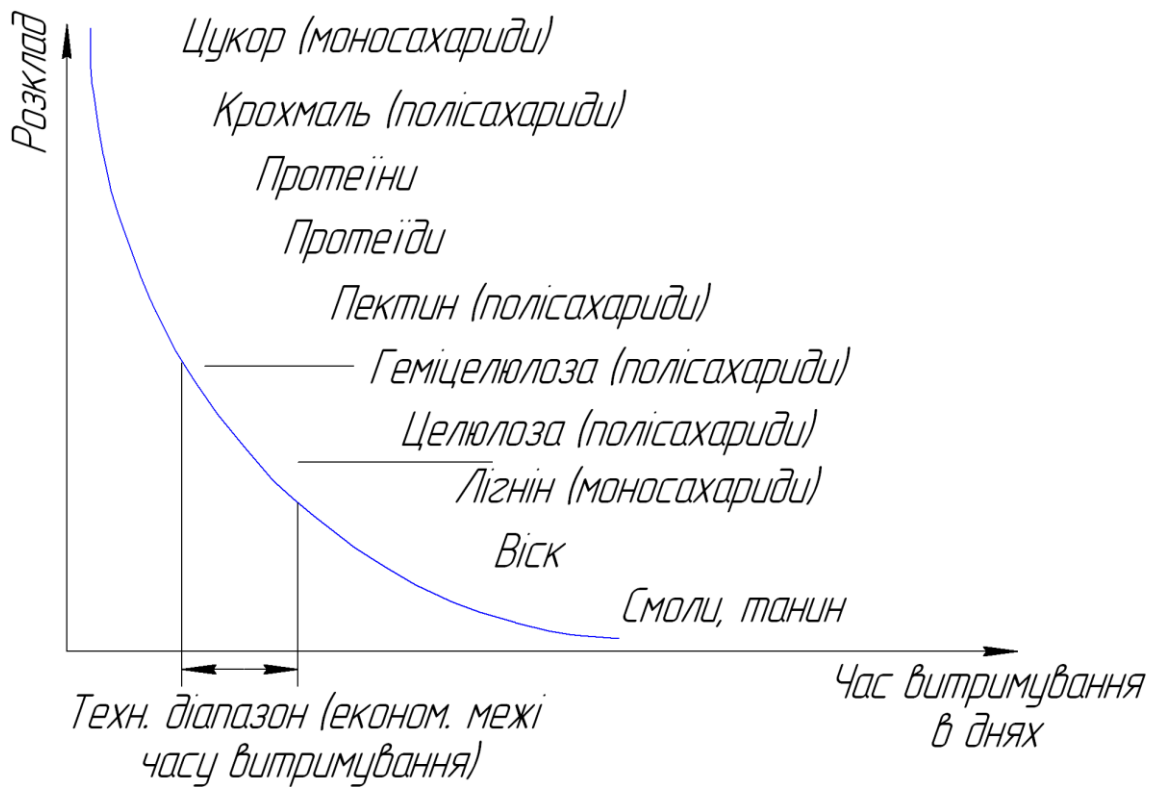


Рисунок 1.2 - Розщеплення речовин в залежності від часу

Таблиця 1.1 - Основні характеристики горючості біогазу та інших газів

Основні характеристики горючості біогазу та інших газів						
Газ	Одиниці вимірювання	Біогаз	Природний газ	Пропан	Метан	Водень
Теплота спалювання	кВт * год / м <sup>3</sup>	6	10	26	10	3
Густина	кг / м <sup>3</sup>	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Співвідношення щільності з повітрям		0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Температура займання	°С	700	650	470	650	585
Максимальна швидкість розповсюдження полум'я в повітрі	м / с	0,25	0,39	0,42	0,47	0,43
Межа займання, газу в повітрі	%	6-12	5-15	2-10	5-15	4-80
Теоретична потреба в повітрі	м <sup>3</sup> / м <sup>3</sup>	5,7	9,5	23,9	9,5	2,4

## **1.2. Енергетичне використання біогазу**

Найбільш поширеними способами енергетичного використання біогазу є:

- спалювання в газопоршневих двигунах у складі міні-ТЕЦ, з виробництвом електроенергії та тепла (або холоду), або з виробництвом тільки електричної енергії (ТЕС);
- пряме спалювання в котлах, печах й іншому технологічному обладнанні для отримання теплової енергії (може застосовуватися для комунального/промислового теплопостачання, приготування їжі, кормів, тощо);
- закачування в мережу природного газу після очищення від баластних газів, в результаті очищення виходить аналог природного газу (біометан) з вмістом метану 96...98%;
- використання в якості автомобільного моторного палива після глибокого очищення і компримування.

Всі перераховані способи в тій чи іншій мірі використовуються у світовій практиці, але домінуючим є виробництво електроенергії в міні-ТЕЦ на біогазі, у тому числі завдяки широко поширеному механізму стимулювання за рахунок «зеленого» тарифу.

### **1.2.1 Спалювання**

Використання виключно з метою термoeфектом за допомогою пальника Бунзена або паяльної лампи, тобто для приготування їжі на біогазі або застосування для інфрачервоного випромінювача в відділенні для вирощування молодняка сільськогосподарських тварин в нашій країні ледь практикується - незважаючи на повне згорання з невеликим викидом шкідливих речовин. Приготування їжі на біогазі набуло поширення переважно в країнах, що розвиваються (Китай, Індія, Непал і т.д.), в першу чергу через зростаючого скорочення горючої деревини. При використанні для інфрачервоних випромінювачів коливання в якості газу приводили до постійних згасання полум'я і до технічних проблем через корозії викликаної сірководнем.

## **1.2.2 Біогазове опалення**

При опаленні біогазом розрізняють опалювальні котли з атмосферними пальниками невеликої потужності від 10 до 30 кВт, а також паяльні лампи для більшої потужності. Опалювальні котли розраховані на роботу одного накопичувача, що дає тепло для будинку, ферментатора, промислового водопостачання і по можливості для сушки соломи і зерна. Дешевою альтернативою котла є газова колонка, що працює на одній атмосферному пальнику і застосовуваний в першу чергу для обігріву промислового водопостачання. Продуктивність перебуває в межах 5-30 кВт. Для всіх обігрівальних пристроїв обов'язково встановлювати запобіжники (запобіжник від загоряння, контролю полум'я), які б запобігали витікання неспаленого біогазу.

## **1.3 Переваги та недоліки БГУ**

Виробництво та енергетичне використання біогазу має цілий ряд обґрунтованих і підтверджених світовою практикою переваг, а саме:

- Відновлюване джерело енергії. Для виробництва біогазу використовується відновлювана біомаса;
- Швидкий спектр використовуваної сировини для виробництва біогазу дозволяє будувати біогазові установки фактично всюди в районах концентрації сільськогосподарського виробництва та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості;
- стабільність виробництва електроенергії з біогазу протягом року дозволяє покривати пікові навантаження в мережі, особливо з урахуванням роботи нестабільних джерел, наприклад сонячних чи вітрових електростанцій;
- універсальність способів енергетичного використання біогазу як для виробництва електричної так і теплової енергії за місцем його утворення, так і на будь-якому об'єкті, підключеному до мережі ПГ (у разі подачі очищеного біогазу в мережу ПГ), так і в якості моторного палива для автомобілів;
- конкурентоспроможне енергетичне використання орних земель у порівнянні з виробництвом рідких палив (біоетанолу та біодизель);
- доведено що у разі виробництва біогазу з енергетичних гібридів кукурудзи, виробництва енергії нетто на 1 га орних земель вище приблизно від 2 (у

разі ТЕС) до 4( у разі ТЕЦ на біогазі) раз ніж, при виробництві біоетанолу або біодизелю;

- зниження негативного впливу на навколишнє середовище за рахунок переробки та знешкодження відходів шляхом контрольного зброджування в біогазових реакторах або при зборі біогазу на існуючих полігонах;

- біогазові технології – один з основних і найбільш раціональних шляхів знешкодження органічних відходів.

Також, біогазові установки мають низку недоліків під час експлуатації:

- необхідність точного дотримання технологічних режимів у процесі ферментації;

- ускладнені формально-юридичні процедури у сфері дозволів на побудову біогазової установки;

- висока вартість біогазових установок.

#### **1.4 Вартість та ефективність біогазу в фермерських господарствах**

Згідно з оціночними даними Європейської біогазової асоціації, щонайменше 50% фермерських господарств європейських країн у цілому мають такі установки різної потужності. Наприклад, у Німеччині вважають, що мінімальна кількість вже діючих фермерських біогазових станцій становить приблизно 10 000. Здебільшого йдеться про установки малої потужності. Частка біогазу у поставках первинної енергії у Данії у 2017 році доходила до 22%. Фактично це та кількість, коли вже можна підіймати питання про можливість і перспективу повного заміщення природного газу біометаном (очищеним біогазом).

Встановлена потужність вітрових і сонячних електростанцій у 2018 році становить близько 1,5 ГВт, а сумарна потужність біогазу — лише 41 МВт, з яких тільки 25 МВт забезпечуються сільськогосподарськими і переробними підприємствами (решта — це біостанції, які використовують метан полігонів твердих побутових відходів). Окупність інвестування у біогазові установки в Україні – три-вісім років залежно від встановленої потужності.



Рисунок 1.3 –Типова біогазова станція

## БІОГАЗ УКРАЇНИ У ЦИФРАХ

Кількість біогазових установок, що працюють за «зеленим» тарифом в Україні, од.



Рисунок 1.4 - Кількість біогазових установок в Україні

ВСТАНОВЛЕНА ПОТУЖНІСТЬ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ЗА «ЗЕЛЕНИМ» ТАРИФОМ  
в Україні, МВт



Джерело: Держенергоефективності України

Рисунок. 1.5 - Встановлена потужність установок в Україні Створення генерації, що працює на біогазі, — доволі новий напрям для України.

До 2012 року в країні було лише сім біогазових комплексів, встановлених на полігонах твердих побутових відходів.

Проте у 2013-му перші біогазові комплекси почали вводити в експлуатацію й сільгоспідприємства. За останні п'ять років, за даними Держенергоефективності, кількість біогазових комплексів, що працюють на біогазі з сільського господарства, збільшилася з двох до 12.

У зведення біогазових установок в Україні інвестовано 100 млн. євро.

За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження, станом на кінець першого півріччя 2019 року в Україні діють 43 біогазові установки загальною потужністю 66 МВт.

**Висновок:** В даному розділі розглянуто процес утворення біогазу, запропоновано конструкції біогазових установок для фермерських господарств різних розмірів, що дасть змогу задовольнити потреби фермерів у паливі для генератора.

## РОЗДІЛ 2

### БІОГАЗОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

#### 2.1 Принцип дії БГУ

В основі роботи біогазових установок закладені біологічні процеси бродіння та розкладання органічних речовин під впливом метаноутворювальних бактерій в анаеробних умовах, які характеризуються відсутністю вільного кисню, високої вологості і температурного середовища 15-20° для психофільних, 30-40° для мезофільних і 50-70° для термофільних бактерій.

Анаеробне бродіння здійснюється в герметичній ємності – реакторі (метантанку) звичайно циліндричної форми горизонтального або вертикального розташування. Для ефективного бродіння в порожнині реактора необхідно підтримувати постійну температуру відповідно до прийнятого режиму бродіння: мезофільного або термофільного і здійснювати регулярне перемішування зброджуваної сировини.

Слід зауважити, що мезофільний режим вимагає менше затрат тепла, але розпад органічних речовин при такій температурі відбувається повільніше і не в повному обсязі.

Термофільний режим переробки сировини вимагає більше затрат тепла, має вищу швидкість розпаду, більший вихід біогазу і найменше шкідливий для навколишнього середовища. Однак цей режим трохи складніший для реалізації і контролю.

В процесі бродіння відбувається виділення біогазу, який містить 40-70% метану, 30-60% вуглекислого газу, біля 1% сірководню і невелику кількість азоту та водню. Об'ємна теплота згорання біогазу складає біля 22 МДж.

Кількість утворюваного біогазу для процесу, який нормально проходить при температурі 35-37° і середньому часі утримання сировини в реакторі протягом 10 днів, знаходиться в межах 30-70 м<sup>3</sup> біогазу на тонну сировини на добу.

Якщо відома вага добового свіжого гною, то добовий вихід біогазу буде приблизно наступним: 1 тонна гною ВРХ – 4050 м<sup>3</sup> біогазу, 1 тонна гною свиней – 70-80 м<sup>3</sup> біогазу, 1 тонна пташиного посліду – 60-70 м<sup>3</sup> біогазу.

## 2.2. Основні елементи конструкції

- 1) Система зберігання субстрату (біомаси).
- 2) Модуль зважування та подачі сухого субстрату.
- 3) Модуль завантаження рідкого субстрату.
- 4) Ферментатор і доброджувач.
- 5) Система підігріву субстрату (підтримка температурного режиму).
- 6) Система масообміну в ферментаторі (механічне перемішування, гідравлічне або барботаже).
- 7) Газгольдер і газове господарство.
- 8) Система очищення біогазу.
- 9) Когенератор.
- 10) Сепаратор для поділу рідкої та твердої фракції відпрацьованого субстрату (отримання рідкого та твердого органічного добрива).
- 11) Резервуари для зберігання дигестату (лагуни).
- 12) Контрольний пункт для операційного управління біогазовою станцією.
- 13) Лабораторія для контролю характеристик субстрату.
- 14) Електрощитова.
- 15) Насосна станція.
- 16) Санітарні приміщення для персоналу.

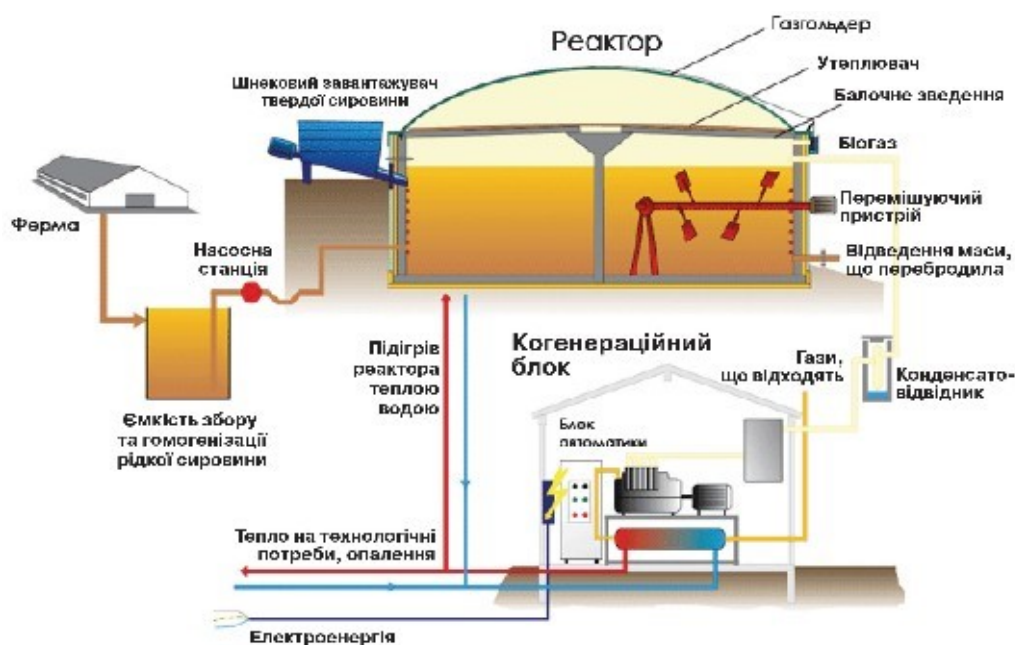


Рисунок 2.1 Схема біогазової установки

### 2.2.1. Реактори для біогазових установок

У простих, зокрема в невеликих біогазових установках, які споруджуються власними силами, бродильна камера має форму паралелепіпеда (басейн або яма з кришкою). Для підвищення ефективності такий реактор перегороджують вертикальною стінкою, створюючи головну бродильну камеру та камеру для остаточного зброджування та осадження шламу. Проте установки такого типу не дозволяють досягти високого ступеню розкладення субстрату, оскільки в них практично неможливо забезпечити рівномірне перемішування біомаси, управління завантаженням робочого об'єму камери та дотримання часу перебування маси в реакторі, що є необхідним для отримання максимальної кількості газу.

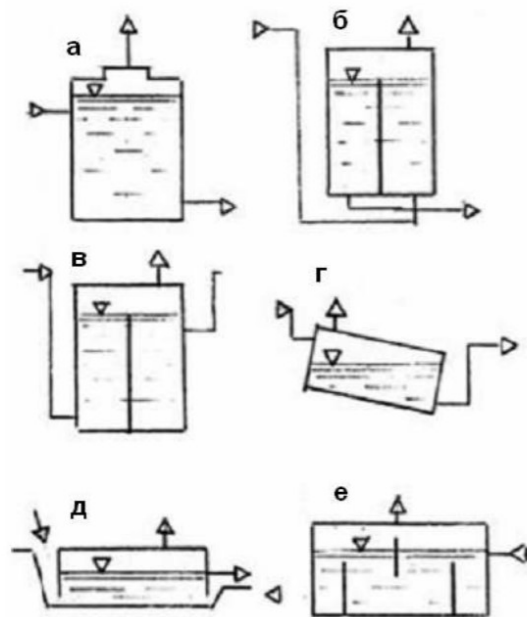


Рисунок 2.2 - Типи реакторів біогазових установок:

- а – циліндричний реактор з верхнім завантаженням;
- б - циліндричний реактор з нижнім завантаженням;
- в – циліндричний двосекційний реактор;
- г – похилий реактор;
- д – траншейний реактор з плавальним покриттям;
- е – горизонтальний секційний реактор.

Він може бути розташований над поверхнею землі на фундаменті, закопаний в землю або встановлений всередині приміщення, в якому знаходяться тварини. Важливою вимогою до реактора є забезпечення герметичності і корозійної

стійкості. Реактор повинен мати люк, необхідний для проведення періодичних профілактичних і ремонтних робіт всередині реактора. Між корпусом і покриттям повинна бути прокладка з резини або спеціального герметизуючого складу.

Головний критерій при виборі конструкції реактора – це можливість реалізувати її на практиці та зручність з точки зору обслуговування та експлуатації.

При наявності металевої цистерни достатнього об'єму необхідно перевірити внутрішню і зовнішню поверхні стінок на предмет наявності раковин, якості зварки, наявності отворів та інших пошкоджень, які повинні бути усунені. Тоді ці поверхні треба очистити і пофарбувати.

### **2.2.2. Механізм завантаження і вивантаження БГУ**

- 1) Робота БГУ передбачає щоденне завантаження сировини і вивантаження зброженого гною.
- 2) Найпростішим способом завантаження і вивантаження є спосіб переливу, який полягає в тому, що при завантаженні свіжого гною рівень сировини в реакторі піднімається і через з'єднану з ним переливну трубу така ж кількість зброженої сировини вивантажується в ємність для збору.
- 3) Для забезпечення герметичності реактора в процесі завантаження і вивантаження вхідна і вихідна труби розташовані під нахилом до вертикальної вісі таким чином, щоб нижній кінець труби був розташований нижче рівня рідини. Завдяки цьому створюється гідравлічний затвор, який перешкоджає проникненню повітря в реактор.
- 4) Для рівномірного розподілу свіжої сировини по всьому об'єму реактора та ефективності видалення переробленого шламу труби завантаження і вивантаження розташовані на протилежних сторонах реактора.
- 5) Маса, яка завантажується, може містити тверді частинки достатньо великих розмірів, наприклад, підстилковий матеріал (солону, тирсу), стебла рослин, а також сторонні предмети. Для того, щоб труби не забивались, їх діаметр повинен бути не менше 300 мм. Завантажувальна труба має бункер для попередньої підготовки сировини.
- 6) Зброжена маса видаляється з реактора автоматично переливом через

вивантажувальну трубу в момент завантаження свіжої сировини. З реактора зброджена маса потрапляє в спеціальну ємність, яка слугує для тимчасового зберігання переробленої сировини. Та і інша ємності можуть бути виготовлені з бетону чи металу.

- 7) Інший спосіб завантаження – пневматичний, коли підготовлена сировина завантажується в реактор під тиском біогазу.

### **2.2.3. Підтримання температури сировини**

Найпоширенішою схемою є система опалення і водонагрівуючого котла, який працює на біогазі, електриці і твердому паливі (Рисунок 2.2). В якості нагрівуючих елементів застосовують теплообмінники у вигляді змійовиків, секцій радіаторів або паралельно зварених труб, де теплоносієм служить гаряча вода температурою біля 60°C. Вища температура підвищує ризик налипання зважених частинок на поверхні теплообмінника.

Теплообмінники рекомендується розташовувати в зоні дії перемішуючого пристрою, що допомагає уникнути осадженню твердих частинок на його зовнішній поверхні [14].

Виділяють чотири категорії біомаси для енергетичного використання: I. лісова біомаса; II. енергетичні рослини; III. залишки сільського господарства; IV. органічні відходи (Додаток Г).

При монтуванні системи опалення важливо забезпечити умови, необхідні для природної циркуляції рідини в системі. Для цього треба забезпечити подачу гарячої води у верхню точку системи і повернення охолодженої води в нижню точку.

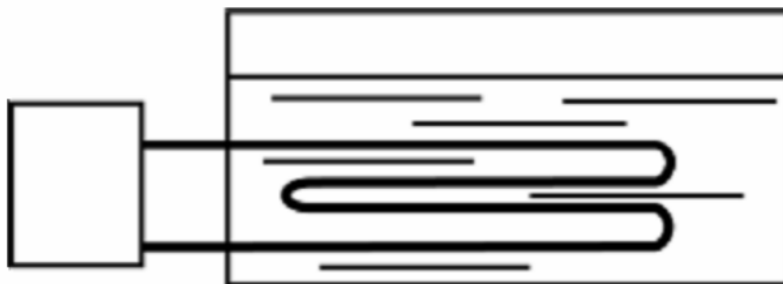


Рисунок 2.3 - Підігрів сировини за допомогою водонагрівуючого котла

На трубопроводах опалення повинні бути встановлені вентиля для випуску повітря з верхніх точок, а на системі підігріву устаткування – розширювальний бачок для компенсації зміни об'єму води. Для контролю температури всередині реактора повинен бути встановлений термометр чи термостат.

#### 2.2.4. Система відбору біогазу з БГУ

Система містить розподільчі газові трубопроводи із замочною арматурою, збірник конденсату, запобіжний клапан, накопичувач газу (газгольдер) і споживачі газу (кухонні плити, нагрівачі води, двигуни внутрішнього згорання і ін.). Система монтується тільки після установки реактора в робоче положення.

Система повинна виготовлятися із сталевих труб з внутрішнім діаметром не менше 15 мм і зварними з'єднаннями. Для забору газової системи в момент запуску реактора обов'язковим є встановлення напівоборотного крана.

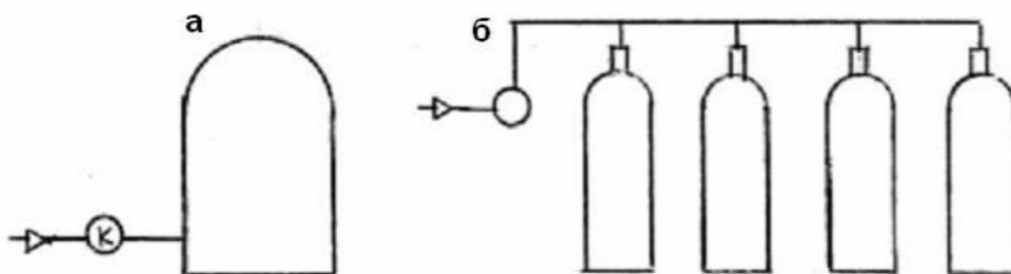


Рисунок 2.4 - Збір і зберігання біогазу:

- а) газгольдер;
- б) кілька газгольдерів.

Отвір для відбору біогазу з реактора повинен бути розташований у його верхній частині. Відразу за збірником конденсату встановлюється запобіжний клапан, виповнений у вигляді ємності з водою, яка забезпечує пропускання газу в одному напрямку.

Всередині ємності вхідний кінець трубопроводу опущений у воду, а вихідний – розташований над водою. Це дозволяє попередити проникнення атмосферного повітря через газову систему в реактор і уникнути зворотного удару полум'я через систему газорозподілення.

Клапан повинен бути встановлений перед розгалуженням системи у напрямку до руху газу для того, щоб весь біогаз, який утворюється, проходив через клапан.

Спосіб накопичення біогазу залежить від того, для яких цілей буде

використовуватися біогаз. Якщо передбачено пряме згорання у пальниках котлів двигунів внутрішнього згорання, то великі газгольдери не потрібні. У цьому випадку вони необхідні для вирівнювання нерівномірності газовиділення та покращення тим самим умов горіння.

В умовах невеликих БГУ в якості накопичувачів біогазу (газгольдерів) можуть бути використані великі автомобільні або тракторні камери. Для накопичування великих об'ємів біогазу використовуються сталеві балони малого і середнього об'єму, розраховані на тиск до  $200 \text{ кг/см}^2$ , або інші ємності з достатньою товщиною стінки і міцністю. Газ в такі газгольдери закачується за допомогою компресора.

Трубопроводи для подачі біогазу від установки до споживачів повинні бути захищені від пошкодження. Необхідно використовувати якісні оцинковані або поліетиленові труби і по можливості прокладати їх під землею на глибині не менше 25 см.

Для зменшення ризику витoku газу необхідно звести до мінімуму використання роз'ємних з'єднувальних елементів трубопроводів. Витоки газу можна перевірити мильним розчином.

Газопровід повинен бути обладнаний запобіжно-скидним клапаном, який випускає біогаз в атмосферу при підвищенні тиску понад  $0,03\text{-}0,035 \text{ МПа}$  ( $0,3\text{-}0,35 \text{ кг/см}^2$ ).

Крім накопичення біогазу в газгольдері, його надлишок можна спалювати. Спалювання невикористаного газу запобігає забрудненню атмосфери метаном. Для цього можна використати найпростіший факельний прилад, встановлений осторонь від спалюваних предметів і споруд.

### **2.2.5. Механізм перемішування сировини в біогазових установках**

Перемішування сировини в реакторі підвищує ефективність роботи БГУ, запобігає осадженню твердих частинок на теплообмінники і дно реактора. Перешкоджає утворенню кірки на поверхні.

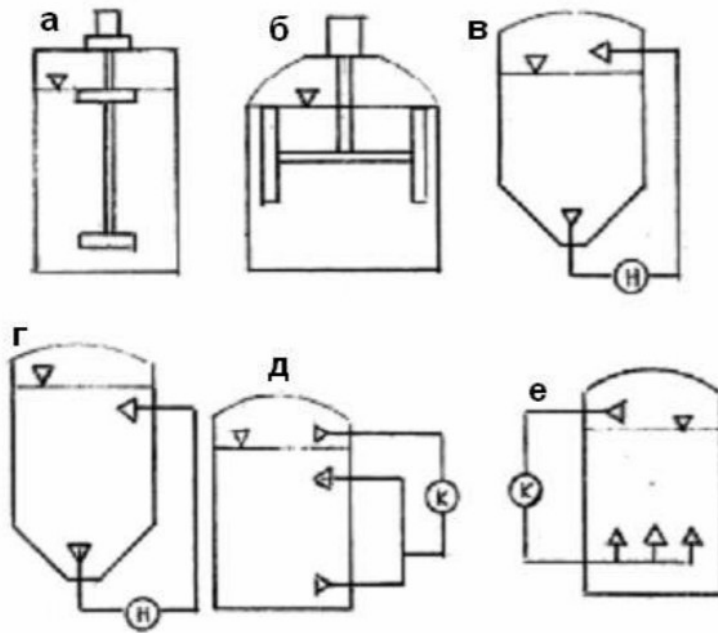


Рисунок 2.5 - Способи перемішування сировини

а, б – механічна мішалка;

в, г – перемішування за допомогою насоса;

д – перемішування біогазом і рідиною;

е – перемішування біогазом.

Перемішування сировини в реакторі підвищує ефективність роботи БГУ, запобігає осадженню твердих частинок на теплообмінники і дно реактора. Перешкоджає утворенню кірки на поверхні.

Перемішування може бути постійним або періодичним в залежності від режиму роботи реактора. Варіанти перемішування для вертикальних і горизонтальних реакторів.

Перемішування в основному може бути зведено до наступних способів: механічними мішалками, біогазом (який пропускається через товщину сировини) і перекачуванням сировини з верхньої зони в нижню. Робочими органами механічних мішалок є шнеки, лопаті і планки. Вони можуть приводитися в дію вручну, від електродвигунів або від повітряного двигуна.

Механічні мішалки з ручним приводом найпростіші у виготовленні та експлуатації при використанні в реакторах невеликих установок з незначним виходом біогазу.

Конструктивно вони представляють собою горизонтально або вертикально встановлений вал всередині реактора паралельно чи співвісно центральній вісі. На валу закріплені лопаті чи інші елементи з гвинтовою поверхнею, які забезпечують переміщення сировини, збагаченої метановими бактеріями, від місця вивантаження до місця завантаження. Це дозволяє збільшити швидкість утворення метану і скоротити час перебування сировини в реакторі.

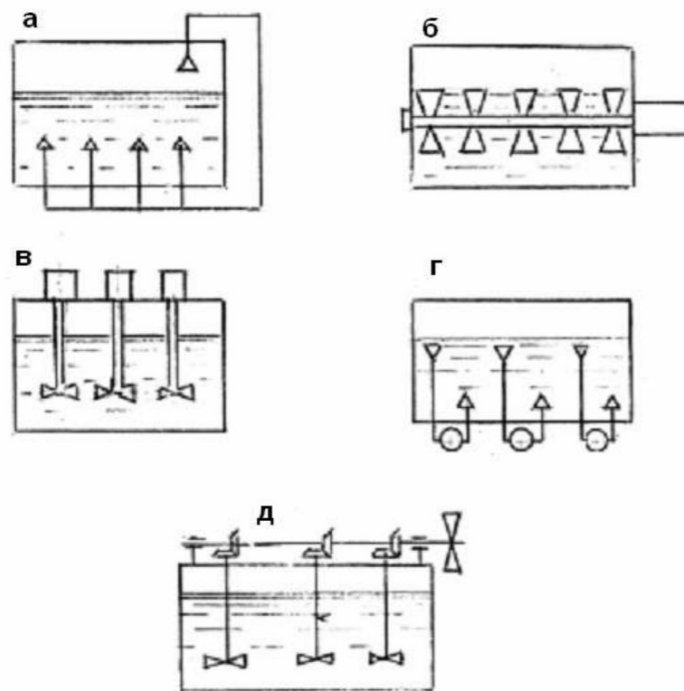


Рисунок 2.6 - Способи перемішування сировини в горизонтальних реакторах:

- а) перемішування біогазом;
- б) перемішування механічними лапастими;
- в) перемішування механічними мішалками з електродвигунами;
- г) перемішування за допомогою насоса;
- д) перемішування механічними мішалками від вітряного двигуна;

Перемішування шляхом пропускання біогазу через товщину сировини дає добрі результати тільки у тому випадку, якщо в конструкції біогазової установки є компресор, за допомогою якого відбувається відкачування вироблюваного біогазу в газгольдер, з якого частина стиснутого біогазу періодично направляється на перемішування сировини в реакторі.

### 2.3. Схеми біогазових установок

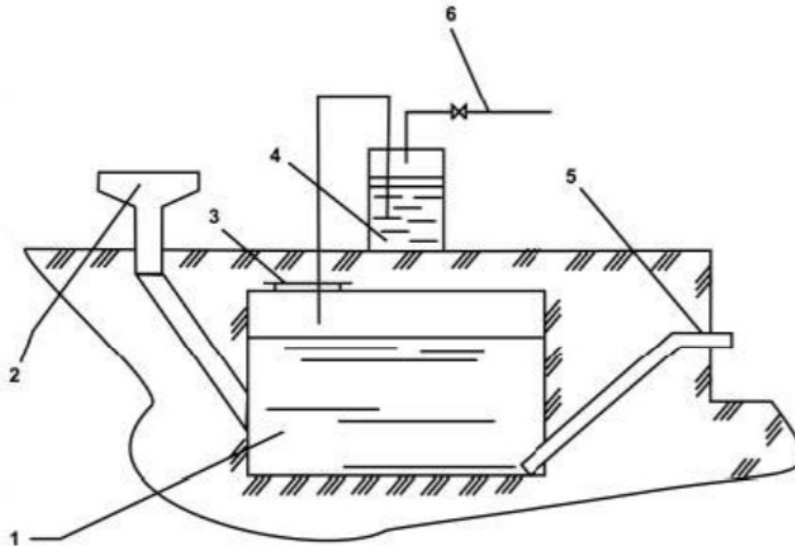


Рисунок 2.7 - Схема найпростішої біогазової установки з ручним завантаженням без перемішування і без підігріву сировини в реакторі:

- 1 –реактор;
- 2 – бункер завантаження;
- 3 – люк для доступу в реактор;
- 4 – водяний затвор;
- 5 – вивантажувальна труба;
- 6 – відвід біогазу.

Біогазова установка (див. рисунок 2.6) призначена для невеликих фермерських господарств. Об'єм реактора від 3 до 10 м<sup>3</sup>, розрахований на переробку 50-200 кг гною на добу. Установка містить мінімум складових частин для забезпечення процесу переробки гною та отримання біодобрив та біогазу. Біогаз, який виробляється установкою, відразу направляється на використання в газових приладах.

Перероблена маса видаляється з реактора через вивантажувальну трубу в момент завантаження чергової порції сировини або за рахунок тиску біогазу. Зброджена маса, яка вивантажується, потрапляє в ємність для тимчасового зберігання, об'єм якої повинна бути не менший, ніж об'єм реактора.

Таблиця 1- Специфікація і кошторис на виготовлення найпростішої біогазової установки з ручним завантаженням без перемішування і без підігріву сировини в реакторі, користь і окупність.

№	Об'єм реактора	Кількість матеріалів і вартість, грн.									
		1 м <sup>3</sup>		3 м <sup>3</sup>		5 м <sup>3</sup>		7 м <sup>3</sup>		10 м <sup>3</sup>	
1	2	К-сть	Грн.	К-сть	Грн.	К-сть	Грн.	К-сть	Грн.	К-сть	Грн.
1	Реактор (сталеве ємність)	1	3754,6	1	11263,8	1	18773,00	1	21346,6	1	25235,6
2	Бункер завантажувальний (сталевий), шт.	1	65,45	1	91,62	1	117,80	1	130,89	1	143,98
3	Труба завантажувальна сталеве Ф-300 (м)	1	39,27	1,5	52,36	2	78,53	2,5	104,71	2,5	104,71
4	Труба завантажувальна сталеве Ф-300 (м)	1	39,27	1,5	58,90	2	78,53	2,5	104,71	25	104,71
5	Ємність для зберігання	1	65,45	1	130,89	1	196,34	1	327,23	1	458,12
6	Труба Ф-25 (м)	5	65,45	5	65,45	5	65,45	5	65,45	5	65,45
7	Труба Ф-15 (м)	5	39,27	5	39,27	5	39,27	5	39,27	5	39,27
8	Клапан запобіжний, шт.	1	13,09	1	13,09	1	19,63	1	26,18	1	26,18
9	Водяний затвор, шт.	1	26,18	1	26,18	1	26,18	1	26,18	1	26,18
10	Кран Ф-25, шт.	1	15,71	1	15,71	1	15,71	1	15,71	1	15,71
11	Кран Ф-15, шт.	1	6,54	1	6,54	1	6,54	1	6,54	1	6,54
12	Манометр (0-1 кгс/см <sup>2</sup> ), шт.	1	26,18	1	26,18	1	26,18	1	26,18	1	26,18
13	Допоміжні матеріали, грн.		130,89		130,89		157,07		157,07		196,34
<b>Всього вартість</b>			<b>4287,35</b>		<b>11920,88</b>		<b>19600,23</b>		<b>22376,71</b>		<b>26448,97</b>
Переробляє сировини за рік, т			6,3		18,9		31,5		44,1		63
Біогазу за рік, м <sup>3</sup>		315	<b>115,45</b>	945	<b>346,34</b>	1575	<b>577,23</b>	2205	<b>808,12</b>	3150	<b>1154,45</b>
Біодобрив за рік		6,3	<b>214,40</b>	18,9	<b>643,20</b>	31,5	<b>1071,99</b>	44,1	<b>1500,79</b>	63	<b>2143,98</b>
<b>Вигода за рік</b>			<b>329,84</b>		<b>989,53</b>		<b>1649,21</b>		<b>2308,90</b>		<b>3298,43</b>
Термін окупності, міс.			25		15		14		12		11

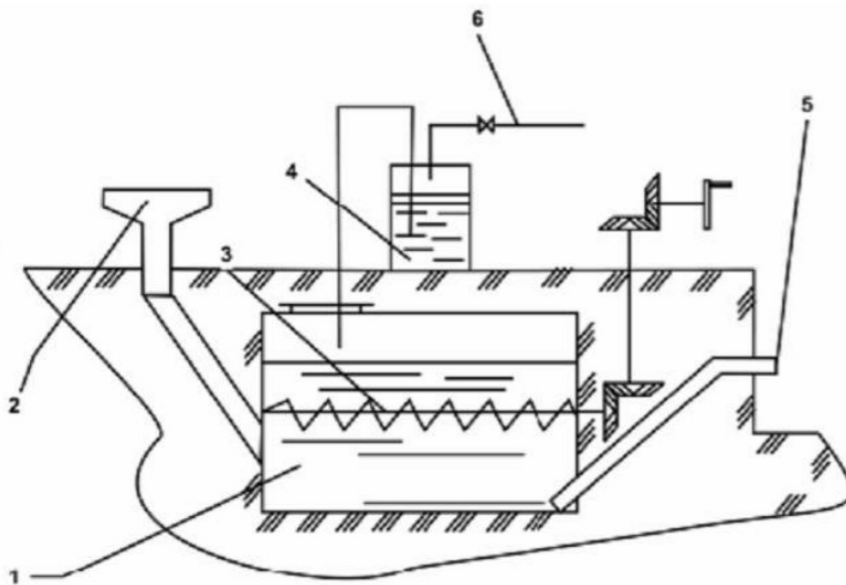


Рисунок 2.8 - Схема простої біогазової установки з ручним завантаженням і перемішуванням сировини в реакторі:

- 1 – реактор;
- 2 – бункер завантаження;
- 3– перемішувальний пристрій;
- 4 – водяний затвор;
- 5 – вивантажувальна труба;

6 – відвід біогазу.

Встановлення цього пристрою (див. рисунок 2.9) також не вимагає великих фінансових затрат. Для підвищення ефективності роботи біогазової установки змонтовано пристрій ручного перемішування сировини. Установка працює в психрофільному режимі, без підігріву сировини в реакторі.

Для більш інтенсивного і стабільного процесу зброджування встановлена система підігріву реактора (Рисунок 2.9. Установка може працювати в мезофільному і термофільному режимі).

Реактор біогазової установки підігривається за допомогою водонагриваючого котла, який працює на біогазі, що виробляється. Решта біогазу використовується безпосередньо в газових приладах.

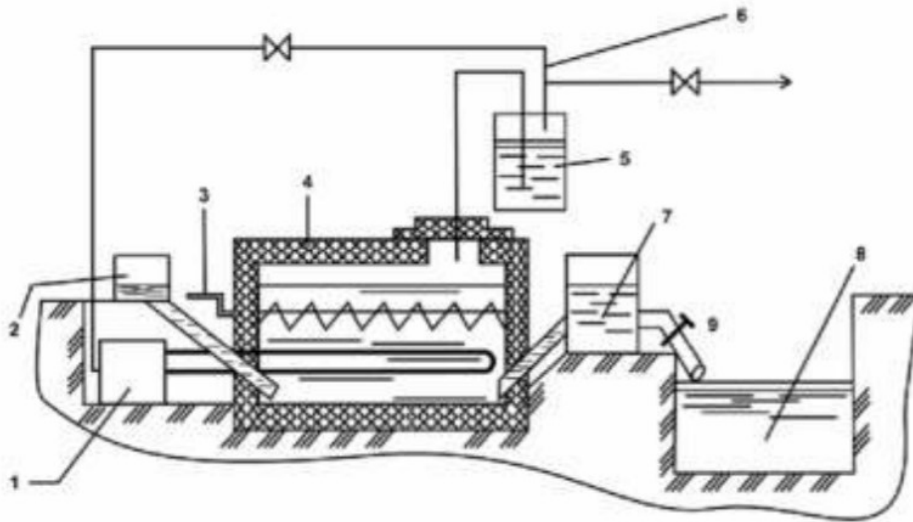


Рисунок 2.9 - Схема біогазової установки з ручним завантаженням, перемішуванням і підігрівом сировини в реакторі:

- 1 – водонагриваючий котел;
- 2– бункер завантаження;
- 3 – перемішуючий пристрій;
- 4 – реактор;
- 5 – водяний затвор;

- 6 – відвід біогазу;
- 7 – вивантажувальний бункер;
- 8 – ємність для зберігання біодобрив;
- 9 – вивантажувальна труба

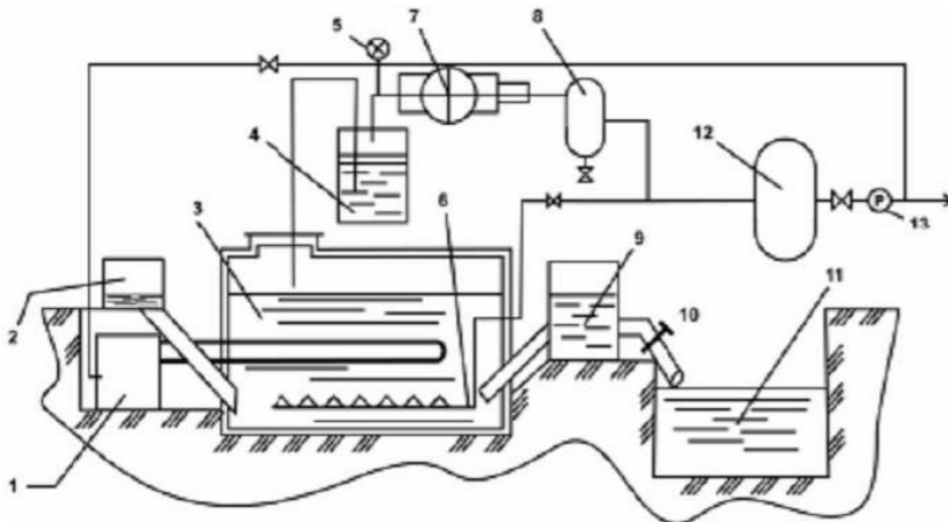


Рисунок 2.10 - Схема простої біогазової установки з ручним завантаженням, газгольдером, пневматичним перемішуванням і підігрівом сировини в реакторі:

- 1 – водонагрівуючий котел;
- 2 – бункер завантаження;
- 3 – реактор;
- 4 – водяний затвор;
- 5 – манометр електроконтактний;
- 6 – перемішуючий пристрій;
- 7 – компресор;
- 8 – ресивер;
- 9 – бункер вивантаження сировини;
- 10 – вивантаження сировини;
- 11 – ємність для зберігання біодобрив;
- 12 – газгольдер;
- 13 – редуктор газовий.

Проста установка з ручним завантаженням сировини в реактор забезпечена автоматичним відкачуючим пристроєм вироблюваного біогазу і газгольдером для його зберігання (див. рисунок 2.10). Перемішування сировини в реакторі виробляється біогазом. Така біогазова установка може працювати у всіх температурних режимах бродіння.

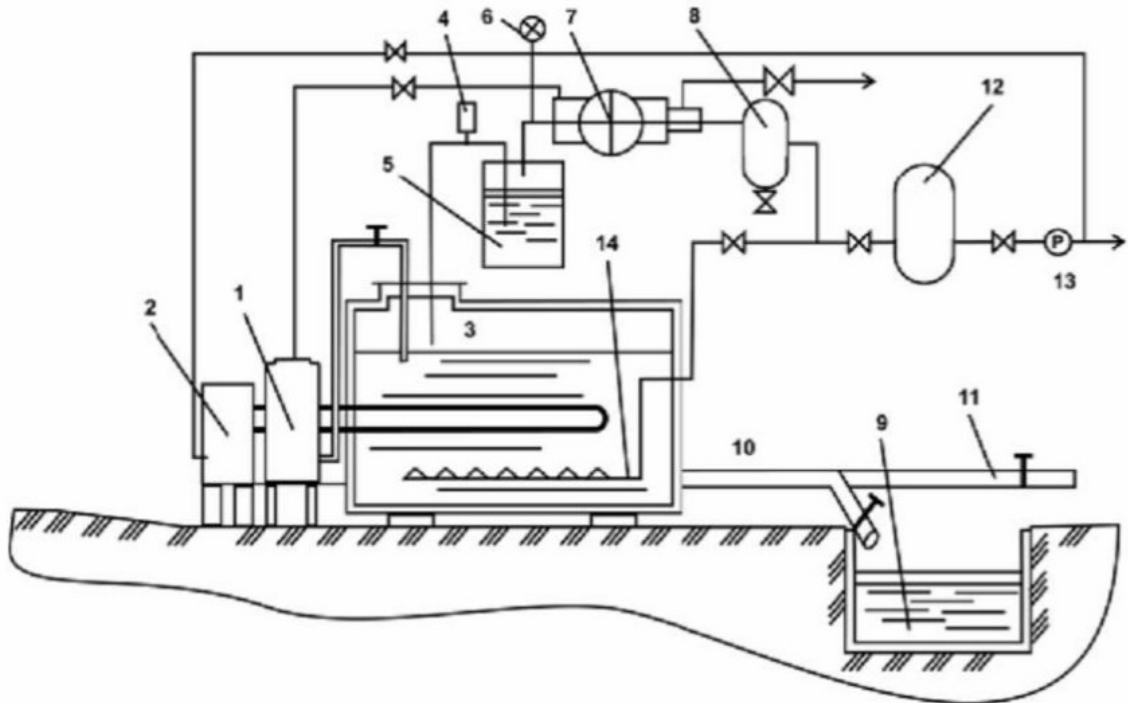


Рисунок 2.11 - Схема фермерської біогазової установки з газгольдером, ручною підготовкою і пневматичним завантаженням, перемішуванням і підігрівом сировини в реакторі для малих і середніх селянських господарств

- 1 – бункер завантаження сировини;
- 2 – водонагрівальний котел;
- 3- реактор;
- 4 – запобіжний клапан;
- 5 – водяний затвор;
- 6 – манометр електроконтактний;
- 7 – компресор;
- 8 – ресивер;
- 9 – сховище для біодобрих;
- 10 – вивантаження сировини;



- 10 – ресивер;
- 11 – сховище для біодобрих;
- 12 – відвід труби для завантаження в транспорт;
- 13 – газгольдер;
- 14 – редуктор газовий.

Особливістю цієї біогазової установки, за якою вона відрізняється (див. рисунок. 2.12), є наявність спеціальної ємності для підготовки сировини, звідки вона подається за допомогою вакуумного насоса в бункер завантаження, а потім за допомогою стиснутого біогазу – в реактор установки. Для роботи системи обігріву використовується частина вироблюваного біогазу. Установка забезпечена автоматичним відбором біогазу і газгольдером для його зберігання. Наявність системи обігріву дозволяє експлуатувати біогазові установку у всіх режимах бродіння.

**Висновок:** В розділі 2 розглянуто принцип дії біогазової установки. Схеми простих, фермерських БГУ, типи реакторів та механізми в них.

## РОЗДІЛ 3

### Алгоритм розрахунку конструктивно-технологічних параметрів БГУ

1. Визначаємо добове надходження біомаси  $m_{БМ}$  за виразом:

$$m_{БМ} = \sum N_{жj} * m_{удj}, \text{ кг/добу}$$

$m_{удj}$  – добовий вихід екскрементів від  $j$ -го виду тварин, кг/гол.

2. Визначаємо частку сухої речовини в біомасі  $m_{СВ}$ :

$$m_{СВ} = m_{БМ} * \left(1 - \frac{\varphi_{БМ}}{100}\right),$$

де  $\varphi_{БМ}$  – вологість біомаси, %.

3. Визначаємо частку сухої органічної речовини  $m_{СОВ}$  за виразом:

$$m_{СОВ} = m_{СВ} * \rho_{СОВ},$$

де  $\rho_{СОВ}$  – частка органічної речовини в сухій речовині.

Визначаємо об'єм метантенку  $V_{MT}$  за виразом:

$$V_{MT} = \frac{(0,7...0,9)m_{БМ}t_{Б}}{\rho_{БМ}},$$

де  $t_{Б}$  – період зброджування, днів;

$\rho_{БМ}$  – густина біомаси, кг/м<sup>3</sup>.

Визначаємо вихід біогазу  $V_{Пол}$ , м<sup>3</sup>, при повному розкладі сухої органічної речовини:

$$V_{Пол} = m_{СОВ} * n_{ЕК},$$

де  $n_{ЕК}$  – вихід біогазу з 1 кг СОР, для корівників  $n_{ЕК} = 0,415$  м<sup>3</sup>/кг

Визначаємо об'єм отриманого біогазу  $V_{Б}$ , м<sup>3</sup>, при вибраному періоді зброджування:

$$V_{Б} = V_{Пол} \frac{n_t}{100},$$

де  $n_t$  – частка виходу біогазу при вибраному періоді зброджування;

Кількість біогазу за місяць:

$$V_{БГМ} = 30 * V_{Б},$$

Кількість біогазу за рік:

$$V_{\text{БГгод}} = 365 * V_{\text{Б}},$$

Визначаємо об'єм реактора.

Як правило, метантенки мають циліндричну форму, відношення висоти до його внутрішнього діаметру приймається рівним  $h/d = 0,9 \dots 1,3$ .

Так як

$$V_{\text{МТ}} = \frac{\pi d_{\text{В}}^2}{4} * h = \frac{\pi d_{\text{В}}^2}{4} * d_{\text{В}}.$$

Висновок: В розділі 3 було досліджено алгоритм розрахунку конструктивно-біологічних параметрів БГУ, а саме добове надходження біомаси, частки сухої речовини, розмір метантенку.

## РОЗДІЛ 4

### КОГЕНЕРАЦІЙНІ УСТАНОВКИ

#### 4.3 Комбіноване виробництво електричної та теплової енергії

Когенерація — спосіб одночасного виробництва електричної та теплової енергії в межах одного технологічного процесу у результаті спалення палива.

Комбіноване виробництво електричної та теплової енергії здійснюється в Україні відповідно до прийнятого у 2005 році (з останніми змінами у 2012) Закону України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії(когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу» .

Скидний енергетичний потенціал технологічних процесів — вторинні енергетичні ресурси, які можуть бути використані для виробництва електричної та теплової енергії в когенераційних установках. Перелік цих вторинних енергетичних ресурсів встановлюється центральним органом виконавчої влади у сфері енергозбереження.

Типовими різновидами електростанцій з комбінованим циклом виробництва є:

- ✓ Парова турбіна — використовує скидне тепло від парового котла.
- ✓ Газопоршневий генератор — використовує енергію палива для генерації електроенергії, скидне тепло в подальшому використовується для опалення або в інших цілях. Найпоширенішим паливом для газогенераторів є природний газ, також можуть використовуватись шахтний метан або інше.

Сумісне виробництво теплової та електричної енергії практикується вже давно, адже дозволяє значно збільшити ефективність використання палива. В когенераційних установках для вироблення теплової енергії використовуються викидні гази двигунів, які через теплообмінник віддають енергію в мережу.

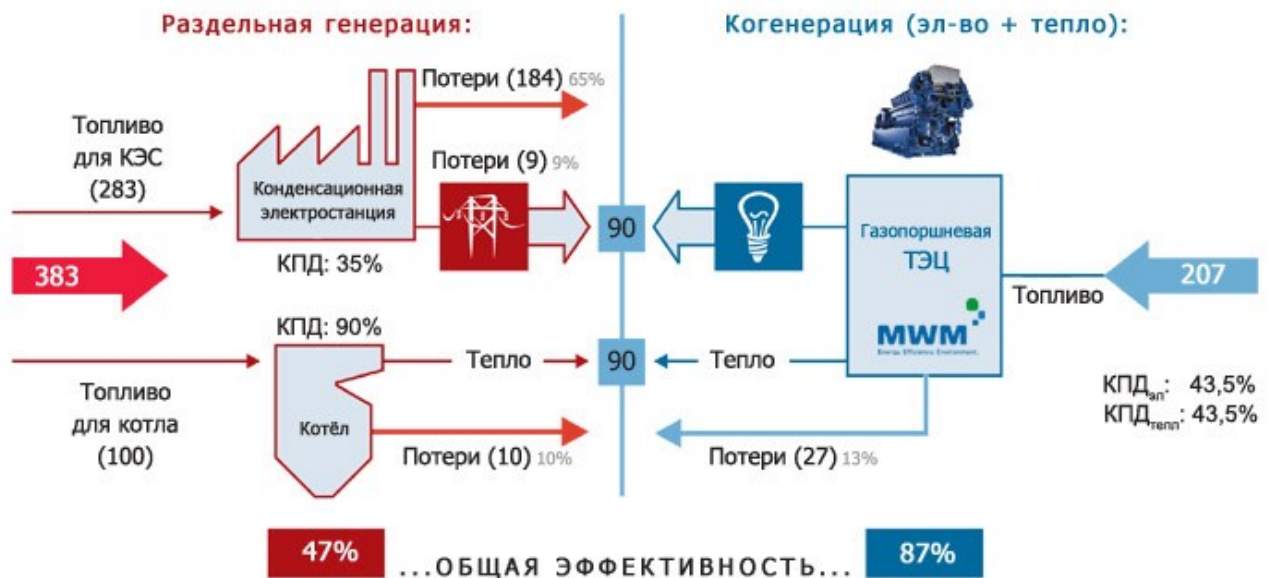


Рисунок 4.1- Різниця ККД роздільної генерації та когенерації

Когенераційні системи працюють на базі газотурбінних або газопоршневих установок, мікротурбін.

Газотурбінні установки здатні забезпечити найбільш широкий діапазон електричної потужності – від десяти до кількох десятків мегават. В таких установках потік газу, утворений в результаті спалювання палива, діє на лопатки турбіни, створюючи тиск для обертання ротора, який з'єднаний з генератором. Електричний ККД (доля електроенергії від загальної енергії спалювання палива) для систем подібного типу може досягати 39%. Виробництво теплової енергії має вищий показник, що виводить установку на ККД з показником 90%.



Рисунок 4.2 - Мікротурбінна установка

Мікротурбінні установки мають менші розміри і потужність. Електричний ККД у них не перевищує 35%, а тепловий – 50%. Максимальна потужність одиночного блоку складає біля 250 кВт. На газопоршневих установках досягають значення електричного ККД 40%, а теплового – 50%. Потужність доходить до 9 МВт.

Кожен тип когенерації має свої переваги і недоліки. Газотурбінні електростанції використовують на великих підприємствах важкої та видобувної промисловості, де потрібні великі електропотужності. Не підходять вони для комунальних підприємств через великий рівень шумів і необхідність роботи персоналу з високою кваліфікацією, адже вони складні в обслуговуванні.

Мікротурбінні установки можуть використовуватись замість газових котлів в комунальній сфері, саме там де постійно потрібне тепло. А найбільш поширеними є газопоршневі установки, які є простішими в обслуговуванні і керуванні при низькій вартості.



Рисунок 4.3 - Схема когенераційної установки

#### 4.2 Переваги когенераційних установок

Когенерація в Україні стрімко набирає популярність серед приватних і комерційних споживачів. Когенераційні установки здатні кардинально знизити капітальні витрати на електропостачання і опалення. Вони окупають себе вже через 3-4 роки постійної експлуатації. Фактично когенераційні установки можна розглядати як аналог стаціонарної електростанції. На відміну від сонячних і

вітрових електростанцій, в когенераційних установках вироблення електричної і теплової енергії відбувається постійно в цілодобовому режимі - незалежно від часу доби, пори року і температури навколишнього середовища.

Також відзначається універсальність застосування, так як якщо когенераційні установки малої потужності розраховані на експлуатацію в приватних умовах, потужне обладнання може застосовуватися великими електростанціями для забезпечення теплом і електрикою певної кількості будівель.

Когенераційні установки мають:

- малі габарити;
- екологічно безпечні ;
- завдяки наявності варіантів налаштувань, забезпечується подача точної кількості енергії;
- можливе оформлення «Зеленого» тарифу НКРЕКП

Висновок: В розділі 4 досліджені переваги когенераційних установок, види електростанцій для одночасного виробництва електроенергії та тепла.

Також обгрунтована різниця когенерації та роздільного виробництва.

## **РОЗДІЛ 5**

### **ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ, МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ**

#### **5.1 Підготовчі роботи**

Вибір місця розташування установки залежить від декількох факторів – наявності вільних ділянок, віддаленості від житлових приміщень, місць зберігання відходів та розташування місць утримання тварин. В залежності від глибини залягання ґрунтових вод, зручності завантаження та вивантаження сировини реактор може мати наземне, частково або повністю заглиблене положення.

По можливості рекомендується підземне розміщення, так як воно дозволяє зменшити капіталовкладення та виключає використання додаткового обладнання для завантаження сировини. Значно покращується якість терморегулювання, а також з'являється можливість використовувати дешеві теплоізоляційні матеріали – глину і солому.

Термоізоляційні матеріали повинні мати добрі ізолюючі властивості, бути дешевими і доступними. Матеріалами, які підходять, є солома, глина, шлак, сухий гній. Утеплення відбувається постійно, спочатку засипають шар соломи, потім глини, і так до верхньої частини реактора, потім досипають глину зі шлаком товщиною не менше 300 мм. З метою уникнення контакту ізоляції і землі використовують поліетиленову плівку.

#### **5.2 Монтаж БГУ**

Монтажні роботи щодо установавання технологічного устаткування та ремонтні роботи повинні відповідати вимогам СНП 3.05.05-84, СНП III-4— 80 "Техніка безпеки в будівництві", стандартам і технічним умовам.

Компоновочні рішення розміщення та опорні елементи конструкції - метантенка повинні бути узгоджені з фермерським господарством і організацією, яка має дозвіл на проведення монтажних робіт. Проходи і проїзди в зоні виробництва монтажних і ремонтних робіт повинні бути закриті.

При підготовці ділянок до монтажу потрібно:

- ознайомити осіб, що беруть участь у роботі, з порядком проведення робіт і засобами безпеки;
- перевірити кріплення фундаментних болтів, наявність огорожень, запобіжних і контрольно-вимірювальних приладів;
- впевнитись про відсутність в середині апарата сторонніх предметів;
- закрити доступ до машин і до зони його розміщення особам, які не призначені для виконання цієї роботи;
- перевірити освітленість місця монтажу, дотримання протипожежних заходів, наявність інструкції з охорони праці та знання їх працюючими;
- ділянку монтажних робіт потрібно відділити від решти території тимчасовим огороженням висотою не менше 1 м. У зоні проведення монтажних робіт потрібно виключати прохід сторонніх осіб.

Після закінчення монтажних робіт необхідно перевірити: відповідність змонтованих реакторів складальному кресленню;

- затяжку всіх болтових з'єднань; заземлення мотор-редукторів і металоконструкцій.

Композиційне рішення і зовнішній вигляд виробу повинні відповідати сучасним вимогам технічної естетики та ергономіки згідно ГОСТ 12.2.033- 78, ГОСТ 12.2.049-80, ГОСТ 22269-79 і забезпечувати:

- єдиний стиль виконання композиційних елементів, що входять до складу деталей, які встановлюються;
- мінімальну втомлюваність операторів;
- мінімальні фізичні зусилля, необхідні для управління апаратом;
- максимальні комфортабельність і зручність при обслуговуванні.

### **5.3 Пусконаладжувальні роботи**

Етап підготовки включає в себе перевірку герметичності реактора і газової системи. Для цього до газової системи підключається манометр, перекриваються всі крани для того, щоб надлишковий тиск повітря в реакторі можна було виміряти манометром.

За допомогою насоса або автоцистерни реактор заповнюється водою до

робочого рівня. Надлишкове повітря буде витіснятися через запобіжний клапан. Після цього фіксуються показники водяного манометра і на добу залишають реактор заповненим.

Якщо після доби показники манометра не змінилися або незначно змінилися, то можна вважати, що газова система і реактор є достатньо герметичними. Коли втрачається тиск в реакторі і газовій системі необхідно відшукати та усунути витік.

#### **5.4 Введення в експлуатацію біогазової установки**

Робота по введенню біогазової установки може розпочатися тоді, коли установка в цілому і її елементи будуть визнані придатними до експлуатації відповідно до вимог безпечної експлуатації.

Призначений для завантаження гній повинен бути оглянутий на предмет свіжості та наявності твердих частинок.

Не рекомендується для запуску установки використовувати гній старше 5 днів. При більш тривалому зберіганні гною в ньому збільшується вміст кислот. Така сировина несприятливо впливає на процес бродіння, так як змінює оптимальне співвідношення мікроорганізмів в реакторі, внаслідок чого нормальний хід процесу може бути порушеним.

Тверді фрагменти неорганічного походження, такі як: пісок, галька, глина і цемент, обумовлюють утворення осаду, а тверді рослинні фрагменти сприяють утворенню кірки. Це призводить до зменшення газоутворення і скорочення виходу біогазу.

Після огляду гній завантажується в приймальний бункер і розбавляється водою до вологості 92-95% в літній період і 85% - в зимовий. Для досягнення необхідної вологості сировина розбавляється водою. Після отримання однорідності сировина завантажується в реактор, який повинен бути заповнений не більш, ніж на 2/3 внутрішнього об'єму. Решта порожнини використовується для накопичення біогазу.

Сировина, яка завантажується в реактор, не повинна бути холодною, а її температура повинна наближатися до оптимальної температури бродіння.

Успішна робота БГУ залежить від наявності в реакторі штамів метанотворних

мікроорганізмів, велика кількість яких міститься у свіжому гною ВРХ.

Для оптимізації процесу бродіння можна використовувати деякі відомі методи пуску:

- 1) введення в реактор активної закваски від нормально діючого реактора;
- 2) додавання реагентів, таких як вапно, вуглекислий газ, луг та інші;
- 3) наповнення реактора теплою водою і поступове додавання до неї гнійних стоків;
- 4) наповнення реактора свіжими гнійними стоками;
- 5) заповнення реактора гарячими газами і поступове завантаження гнійних стоків.

Для забезпечення стійкого росту мікроорганізмів в пусковий період підігрів завантаженої сировини повинен відбуватися поступово, не більше, ніж 2-3° на добу, і доводитися до необхідної температури. В процесі підігріву повинно забезпечуватися інтенсивне перемішування сировини.

Через 7-8 діб починається активна життєдіяльність мікроорганізмів в реакторі. Перший біогаз містить невелику кількість метану і горить нестійко. Згодом, утворення метану посилиться, і біогаз починає горіти більш інтенсивно. Реактор довантажується відходами не тільки ВРХ, але й відходами свиней, птиці і фекальними стоками.

## **5.5 Експлуатація**

Експлуатація газового господарства ферментаторів здійснюється згідно з правилами безпеки в газовому господарстві.

Ферментатори належать до вибухо- і пожежонебезпечних об'єктів, тому електродвигуни, освітлювальна арматура і пускова апаратура ферментаторів повинна мати вибухобезпечне виконання.

Відведення газу від ферментаторів, пристрій і експлуатація газгольдерів та газової мережі метантенків повинні проводитися відповідно до вимог правил безпеки в газовому господарстві та правил будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.

Для спостереження за газовою мережею та газовими пристроями повинна виділятися бригада не менше ніж з двох працівників, в обов'язки яких входить щоденний огляд мережі, обладнання та приладів, а також спостереження за станом протипожежного інвентарю.

Працівники, які обслуговують ферментатор і пов'язане з ним газове господарство, зобов'язані контролювати концентрацію газів у повітрі приміщень метантенків за допомогою газоаналізаторів; не допускати витоків газу. Порушення герметичності зварних швів, муфтових та інших з'єднань трубопроводів газових систем визначається за допомогою мильного розчину, який в місцях витоків утворює бульбашки.

У приміщеннях, де виявлено витік газу, повинні бути прийняті термінові заходи, для усунення загазованості. Усунення витоків здійснюється відповідно до плану заходів організації на основі вимог Правил безпеки в газовому господарстві.

При виконанні робіт в ферментаторі необхідно відключити його від газової мережі, встановивши заглушки. Повітряне середовище в ферментаторі повинно бути перевірено на відсутність пожеже-вибухонебезпечної концентрації газів.

### **5.6 Обслуговування та ремонт**

В період експлуатації БГУ велике значення мають добова доза завантаження свіжого гною і періодичність її внесення. Доза завантаження – величина непостійна і залежить від виду сировини, температури бродіння і концентрації сухої речовини.

Для установок, які працюють у термофільному режимі, добова доза завантаження може досягати 20% повного об'єму завантажувальної сировини.

Під час роботи в мезофільному режимі малі дози завантаження в 1-5% забезпечують більш низьке виділення біогазу, ніж дози в 10-20%. Однак при великих дозах вміст метану в біогазі скорочується, а вуглекислого газу – збільшується.

Тому оптимальною дозою добового завантаження з точки зору теплоутворювальної здатності отриманого біогазу можна вважати 6-10% для мезофільного режиму роботи установки. Добова доза повинна вноситися в реактор не повністю, а поступово рівними порціями через однакові проміжки часу 4-6 разів на добу. Завантажувальна порція сировини повинна, по можливості,

підігріватися.

Для психрофільного режиму роботи установки доза завантажувальної сировини повинна бути не більше 2% при добовому додаванні нової сировини. Якщо використовується метод порційного завантаження, то реактор завантажується відразу на 2/3 і сировина перероблюється без додавання свіжого гною протягом 40 і більше днів.

Процес бродіння це складне біохімічне явище. Тому обов'язковою умовою успішної експлуатації БГУ є створення умов, необхідних для розвитку організмів, які забезпечують процес метанового зброджування.

Різні штами бактерій мають різні оптимальні температури життєдіяльності. Максимальний об'єм вироблюваного біогазу у психрофільних бактерій спостерігається при температурі +23°, у мезофільних бактерій – при

+35°, у термофільних – при +55°. Коливання температури на протязі доби не повинні перевищувати двох градусів для психрофільного режиму зброджування, одного градуса – для мезофільного і 0,5 градусів – для термофільного режимів.

Тривалість бродіння сировини при психрофільному температурному режимі складає від 30-40 і більше діб, при мезофільному режимі – в межах 10-20 діб, при термофільному – в межах 5-10 діб.

Ремонтні роботи усередині ферментаторів повинні виконуватися по наряду-допуску.

Для виконання робіт необхідно користуватися драбинами, відповідними розмірам резервуарів.

Проводити ремонтні роботи в ферментаторі без його опорожнення і забороняється.

Електротехнічне устаткування приміщень ферментаторів повинне мати резервне електроживлення для забезпечення постійної роботи вентиляції з необхідною кратністю повітрообміну.

Не допускається знаходження працівників і проведення яких-небудь робіт в приміщеннях ферментаторів при непрацюючій вентиляції.

Трубопроводи комунікацій ферментаторів повинні бути забарвлені в кольори відповідно їх призначенню. Написи з вказівкою умовних позначень вивішують на видному місці.

Газова мережа кожного ферментатора повинна бути оснащена арматурою для відключення від магістрального трубопроводу.

Майданчики, на яких розміщені ферментатори і газгольдери, повинні мати огорожу, встановлену згідно вимогам нормативних документів, затверджених в установленому порядку.

Палити і користуватися відкритим вогнем на майданчиках забороняється.

Тиск газу в газових системах ферментаторів повинен контролюватися сигнальними приладами. При перевищенні тиску в газових системах і при аваріях на напірному газопроводі газ слід випускати в атмосферу (на 'свічку") або через запобіжні пристрої.

Склад повітря в приміщеннях ферментаторів повинен перевірятися за допомогою газоаналізаторів. Не допускається витік газу або засмоктування повітря в газові пристрої.

У приміщеннях, де знайдений витік газу, повинно бути вжиті заходів по усуненню загазованості.

При проведенні ремонтних робіт в приміщеннях ферментаторів повинні застосовуватися слюсарні інструменти, виготовлені з кольорових металів (міді, бронзи, сплавів алюмінію), не створюючих при ударі іскр. Допускається застосовувати інструменти, покриті шаром кольорових металів, частіше всього міддю. У виняткових випадках інструменти для рубки металу або ключі повинні бути густо змазані солідолом, тавотом або технічним вазеліном. Підлога в зоні проведення робіт необхідно вистилати гумовими килимками.

Відігрівання замерзлих ділянок труб слід проводити гарячою водою, парою, гарячим піском. Забороняється відігрівати замерзлий конденсат в газопроводах паяльними лампами або використовувати для цієї мети електровідігрів.

Роботи в ферментаторах, пов'язані із спуском в них працівників, повинні виконуватися по наряду-допуску відповідно до вимог Правил технічної безпеки.

Повітряне середовище повинна бути перевірено на відсутність небезпечної концентрації газів.

**Висновок:** В розділі 5 розписано перелік робіт при установці біогазової установки, оптимізація процесу бродіння. Також Описаний процес експлуатації та ремонтні роботи.

## РОЗДІЛ 6

### Автоматизація процесів виробництва

Для автоматичного контролю над процесами БГУ встановлена система автоматичного контролю SIEMENS. Система складається з шафи управління на базі промислового контролера SIEMENS, кабелів Profibus, автоматичних датчиків температури, тиску.

Шафа управління розроблена на основі промислового контролера фірми SIEMENS CPU3про15-DP2 з використанням системи розподіленої периферії ET200S та панелі оператора OP227 Touch з сенсорним керуванням. Взаємодія між всіма вузлами відбувається по мережі Profibus та MPI з використанням фізичного інтерфейса RS-485.



Рисунок 6.1 –Промисловий контролер SIEMENS SIMATIC S7-300/400

Шафа розроблена в модульному виконанні з монтажем всіх елементів на стандартні DIN рейки з вкладанням всіх з'єднувальних кабелів в лотки. У верхній частині шафи на широкій рейці змонтоване джерело живлення, центральний та комунікаційний процесори. Під ними встановлена станція розподіленої периферії ET200-S, що включає в себе модулі вводу-виводу. Нижче розташовані реле та клемники для підключення сигналів від виконавчих пристроїв.

Після ввімкнення живлення, через проміжок часу що приблизно дорівнює 30 секунд відбувається автоматичне завантаження програмного забезпечення в контролер та панель оператора.

### **Приймальний резервуар.**

Для спостереження за станом приймального резервуару, установки його параметрів і ручного управління його пристроями необхідно натиснути функціональну клавішу F1. На екрані відображається мнемосхема приймального резервуару, мішалок M1 і M2, а також насосів подання субстрату P1 і P2. Рівень в резервуарі відображається стовпчиковою діаграмою і числовою величиною, вираженою у відсотках заповнення.

У окремому полі виводиться розрахункове значення об'єму субстрату в метрах кубічних.

При активації перемішуючих облаштувань M1 і M2 відбувається мерехтіння їх мнемосхеми з періодом в Ісек. Така ж поведінка запрограмована і для насосів P1 і P2

Установка параметрів управління облаштуваннями приймального резервуару здійснюється з екрану, перехід на який здійснюється функціональною клавішею P11. На ній можна встановити рівні включення і виключення мішалок і насосів, температуру підігрівання субстрату, період і тривалість включення мішалок. При введенні некоректних значень буде видано повідомлення. Перехід до цього екрану може бути захищений паролем.

Ручне управління облаштуваннями приймального резервуару здійснюється з екрану, перехід на який здійснюється натисненням на функціональну клавішу P12.

### **Система підігрівання**

У рамці вказано позиційне позначення регулюючого пристрою : U401 - приймальний буфер; U401 - ферментатор №1; U402 - ферментатор №2; U403 - ферментатор №3. Під ним знаходиться поле з вказівкою поточної температури води в подаючій гілці відповідного контура підігрівання. Движковий регулятор дозволяє вручну встановити міру відкриття регулюючого клапана. Стовпчикова діаграма, розташована праворуч від движка, показує фактичне положення приводу

клапана виміряне позиціонером. Під кожним регулятором розташовано поле з вказівкою поточної температури субстрату у відповідному резервуарі.

Натисненням функціональної клавіші P12 можна перейти до екрану управління циркуляційними насосами:

Автоматика вимірює рівень субстрату в резервуарах гідростатичним методом. Датчики рівня :

У приймальному резервуарі ПР;

У ферментаторі №1 ДР101;

У ферментаторі №2 ДР701;

У ферментаторі №3 ДР301;

на функціональну клавішу P12.

З цього екрану можна управляти вручну і окремо мішалками М1 і М2, а також насосами подання субстрату Р1 і Р2. Для включення пристрою необхідно натиснути відповідну екранну клавішу, після чого вона почне блимати з періодом в Ісек. Це мигання сигналізує про те, що пристрій готовий до включення. Після цього можна вибрати наступний пристрій для включення. Фактичне включення пристроїв робиться шляхом перемикання режиму управління Ручн./Авто. При миганні кнопки Ручн управління робиться вручну. Для переключення усіх активованих вручну пристроїв в автоматичний режим досить деактивувати екранну кнопку Ручн.

Перехід до екрану Ручне управління може бути захищене паролем.

### **Ферментатор.**

#### **Ферментатор :1**

Для переходу до екрану, що відображає інформацію про ферментатор, необхідно натиснути функціональну клавішу:

Для ферментатора №1 - P3;

Для ферментатора №2 - P5;

Для ферментатора №3 - P7;

На екрані відображається мнемосхеми ферментатора і мішалок. Рівень в резервуарі відображається стовпчиковою діаграмою і числовою величиною,

вираженою у відсотках заповнення. У окремих полях виводиться тиск газу в газгольдері ферментатора вимірюване в мілібарах і температура субстрату.

При активації перемішуючих облаштувань М1 і М2 відбувається мерехтіння їх мнемосхеми з періодом в Ісек.

Установка параметрів управління облаштуваннями ферментатора здійснюється з екрану, перехід на який здійснюється функціональною клавішею F11.

Шляхом зміни чисел в: відповідних полях можна - змінити рівні включення і виключення мішалок, об'єм і період підживлення, період і час перемішування, градієнт температури і її кінцеве значення. При введенні некоректних значень буде видано повідомлення.

### **Ферментатор 1**

Перехід до цього екрану може бути захищений паролем.

Ручне управління облаштуваннями ферментатора здійснюється з екрану, перехід на який здійснюється натисненням на функціональну клавішу P12.

З цього екрану можна управляти вручну і окремо мішалками М1 і М2, клапаном продування УІ02 і засувкою завантаження УІ01. Для включення пристрою необхідно натиснути відповідну екранну клавішу, після чого вона почне блимати з періодом в Ісек. Це мигання сигналізує про те, що пристрій готовий до включення. Після цього можна вибрати наступний пристрій для включення. Фактичне включення пристроїв робиться шляхом перемикання режиму управління РучнУАвто. При миганні кнопки Ручн управління робиться вручну. Для переключення усіх активованих вручну пристроїв в автоматичний режим досить деактивувати екранну кнопку Ручн. Під екранною кнопкою управління засувкою завантаження знаходиться індикатор, який сигналізує про положення шибера. Якщо невидимі обидва індикатори, те це означає, що-шибер знаходиться в проміжному положенні. Команда на переміщення шибера засувки буде виконана до кінця навіть при переході на автоматичне управління. У випадку якщо шибер засувки не буде переміщений з одного крайнього положення в інше за проміжок часу в 50сек, то буде виданий сигнал аварії. Для ліквідації неоднозначності положення шибера заслінки після усунення аварійної ситуації необхідно натиснути екранну кнопку Сбр. Перехід до екрану Ручне управління може бути захищене паролем.

При виникненні аварійної ситуації на якому-небудь пристрої, на екран виводиться відповідне повідомлення. Всяке аварійне повідомлення залишається на екрані до моменту квітування його відповідною кнопкою. Список аварій з вказівкою часу виникнення виводиться на екран натисненням функціональної кнопки P2.

Для перемикання мови інтерфейсу передбачена функціональна кнопка P4. Мови інтерфейсу перемикаються послідовно при натисненні: Російський, Український, Англійський.

### **Вихідний резервуар.**

Для спостереження за станом вихідного резервуару, установки його параметрів і ручного управління його пристроями необхідно натиснути функціональну клавішу P6.

У вихідному резервуарі P501.

Датчик занурений в субстрат і розташований поблизу дна. Тиск на мембрану датчика перетворюється в пропорційний йому струм і по кабелю зв'язку передається в модуль введення-виведення на станції ET2008. Модуль вимірює поточне значення струму і передає його величину в програму управління. Програма обчислює висоту стовпа рідини над датчиком рівня і виводить це значення на панель оператора. Одночасно, за величиною рівня обчислюється об'єм субстрату в метрах кубічних. Контроль температури субстрату здійснюється терморезистивними перетворювачами.

У приймальному резервуарі ПР1;

У ферментаторі № 1 ПР101;

У ферментаторі №2 ПР201;

У ферментаторі №3 ПР301.

Перетворювач занурений в резервуар. Вимір температури робиться шляхом контролю падіння напруги на резисторі з платинового дроту при проходженні через нього стабільного струму. Сигнал, пропорційний температурі, вимірюється модулем чотирьохточечтим методом і відображається на панелі оператора. Температура субстрату підтримується програмою автоматично на рівні, встановленому з панелі оператора.

Управління мішалками M1 і M2 робиться автоматично відповідно до параметрів, заданих оператором з панелі управління. До таких параметрів відносяться:

- 1) рівень включення мішалок;
- 2) рівень виключення мішалок;
- 3) період перемішування;
- 4) час перемішування.

При досягненні субстратом Рівня включення мішалок вони наводяться в дію на якийсь час заданий параметром Час перемішування. Після закінчення цього часу мішалки вимикаються, а наступне включення робиться через час, визначуваний параметром Період перемішування. Така активація мішалок робитиметься до тих пір, поки рівень субстрату не опуститься нижче заданого параметром Рівень виключення мішалок. При поданні команди на включення обох мішалок вони включаються по одній з інтервалом 30 сек. Така особливість пов'язана з використанням одного облаштування плавного пуску для приводу двох електродвигунів. Схеми з'єднань електрообладнання в розподільчих щитах зображено на листі (A1).

**Висновок:** В розділі 6 розроблена система автоматичного контролю на базі промислового контролера SIEMENS, Також розглянуті режими роботи, налаштування роботи управління біогазової установки.

## РОЗДІЛ 7

### Охорона навколишнього середовища

Сьогодні люди витрачають дуже багато енергії. При використанні таких джерел енергії, як, вугілля, нафта, сланці, торф, довкілля настільки забруднюється, що це викликає серйозне занепокоєння учених у всьому світі. Зниження енергоспоживання - один зі способів поліпшити становище. Ще більш перспективним щодо збереження якості довкілля є зменшення використання направлених джерел і збільшення частки нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії (НПДЕ). Адже, використовуючи нетрадиційні і поновлювані джерела енергії, ми зменшуємо кількість шкідливих викидів у атмосферу.

Біогаз, що отримується в процесі анаеробного зброджування придатних для цього промислових та органічних відходів, є не тільки відновлюваним джерелом енергії, але й екологічним методом переробки і утилізації цих відходів в органічне добриво. Велике значення технології отримання і утилізації біогазу мають у боротьбі з парниковим ефектом, оскільки здатні суттєво зменшити викиди парникових газів (зокрема метану та вуглекислого газу), що утворюються при розкладанні біомаси. Очікується, що при цьому, відповідно, зменшиться енергоспоживання та забруднення навколишнього середовища. Отже, впровадження анаеробної біотехнології одночасно вирішує цілу низку важливих проблем.

При послідовному проведенні політики енергозбереження та підвищенні енергоефективності виробництва в Молдові значна увага має приділятися і пов'язаній з цим охороні навколишнього середовища.

При визначенні потенціалу енергозбереження в Молдові та основних напрямків підвищення енергоефективності її суспільного виробництва повинен враховуватись їх позитивний вплив на довкілля.

Впровадження енергоефективних технологій, машин, устаткування та побутових електропристроїв, проведення активної енергозберігаючої політики, використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії, альтернативних видів палива тощо дозволять забезпечити щорічну економію або заміщення

енергоресурсів, видобуток та використання яких на основі "брудних" витратних технологій погіршують екологічний стан довкілля.

Важливо відзначити, що ці поновлювані джерела енергії є практично невичерпними, їх потенціал майже незмінний в часі, їх видобуток і транспортування не викликає спеціальних ускладнень, а їх використання для потреб енергетики практично не викликає будь-якого забруднення навколишнього середовища та зменшує негативний вплив на екологічний стан довкілля.

При цьому одним з основних завдань, що регламентують впровадження нетрадиційної енергетики та альтернативних видів палива, є зменшення негативного впливу на стан довкілля за рахунок використання альтернативної енергії, дотримання екологічної безпеки виробництва, транспортування, зберігання та споживання виробленої енергії.

На поточний момент, за рахунок впровадження заходів з використання нетрадиційної енергетики та альтернативних видів палива, що передбачені програмою НПДЕ та здійснюються в більшості областей Молдови, за період 1996 р. - 2000р. без згубного впливу на довкілля вже видобуто 23,9 млн. т. у.п. енергоносіїв. Завдяки цьому заощаджено значні обсяги традиційних енергоносіїв та коштів з державного бюджету на їх придбання за імпортом.

Обнадійливим є зростаюче усвідомлення підприємствами нагальної потреби підвищення енергоефективності виробництва у комплексі з екологічною безпекою отримання енергоносіїв та використання, з цією метою альтернативних джерел, відходів та знешкоджуваних, згубних для довкілля, викидів як додаткового джерела енергоресурсів

Це надасть можливість покращити екологічну ситуацію, дозволить отримати додаткову кількість теплової електричної енергії за рахунок використання позабалансових енергоресурсів, створить робочі місця, поширить набутий досвід у новітніх технологіях на інші підприємства в даній галузі Молдови.

Таким чином, збільшення обсягів впровадження заходів з енергозбереження позитивно впливає на скорочення викидів в атмосферу антропогенних газів, які

виникають у промислових процесах виробництва енергоносіїв. Зменшення або знешкодження шкідливих викидів шляхом їх раціонального використання на промислових об'єктах в більшості випадків дає змогу отримати додаткові обсяги енергоносіїв, які на поточний момент використовуються не повністю.

В зв'язку з цим, доцільно спрямувати грошові надходження, отримані (при здійсненні реальних продаж) за рахунок продажу квот на знешкодження викидів антропогенних газів та теплового забруднення довкілля відповідно з Протоколом Кіото до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, для розробки та залучення новітніх технологій, необхідного обладнання та устаткування в сферу енергозбереження, яка включає, зокрема, й галузі промисловості в суспільному виробництві Молдовії.

Зазначена технологія отримання біогазу дозволяє досягти зменшення викидів шкідливих газів ( $\text{CO}$  і  $\text{NO}_x$ ) за рахунок удосконалення технології використання палива, що має місце при когенерації, а також значно зменшити викиди  $\text{CO}_2$ . Це зменшення викидів  $\text{CO}_2$  буде досягнуто

за рахунок зменшення використання палива для виробництва електроенергії на ТЕЦ. В цілому, за рахунок когенераційних технологій, може бути досягнуто :

- зменшення споживання палива без зменшення обсягу виробництва продукції та надання послуг;
- додаткове виробництво електричної енергії без застосування додаткових обсягів палива та з собівартістю такої електроенергії, в 2- 2,5 рази нижчою за існуючу сьогодні на електростанціях;
- інвестиції на 1 кВт встановленої потужності більш ніж в 2 рази менші, ніж за іншими технологіями;
- можливість залучення значної частини коштів для інвестицій в енергоефективні технології від іноземних партнерів на безповоротній основі за рахунок квот на викиди в атмосферу.

Слід також наголосити, що біогазові установки вловлюють біогаз, переважно метан, який виділяється в атмосферу в нинішніх системах переробки

відходів, а його спалювання запобігає потраплянню цього газу в атмосферу, скорочуючи викиди парникових газів, на що зобов'язалась Молдова.

Висновок: В даному розділі досліджено питання збереження навколишнього середовища за допомогою використання технології біогазу в фермерському господарстві.

## **ВИСНОВОК**

Технологія отримання біогазу є ефективним методом для енергозабезпечення фермерського господарства. Переваги біогазових технологій не викликають сумнівів, що підтверджується їх бурхливим розвитком у світі. Аналогічним чином такі технології, повинні впроваджуватися і в Україні. Для цієї мети необхідно усунути бар'єри на законодавчому рівні, у сфері дозвільної документації, зробити прозорим і однозначним механізм отримання податкових пільг при імпорті обладнання для проектів ВДЕ. Сектор біоенергетики та біогазу вимагає адекватної оцінки і підтримки з боку держави.