

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ИПІТІ ім. акад. У.С. Гусак  
Кафедра Електроенергетика

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту(декан факультету)

Завідувач кафедри

Бібіченко С.Д.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Електротехніка та електромеханіка

на тему: Переробка мідю та оцинкованих стержнів в дію маз з  
випробуванням витвою та швидкоплинне опробування

Виконав: здобувач 4 курсу, групи Е.П-4-2

Решета Ринів Осесвік  
(повністю ПІП)

Керівник Сердюк О.О.  
(повністю ПІП)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти Сірик А.О.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент Марченко А.Б.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

Здобувач ВРІД  
(підпис)

Київ - 20\_\_ р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ИИІТІ ім. акад. З.С. Тішечко

Кафедра Електрофізична та енергомережна

Освітній ступінь Бакалавр

Спеціальність 171 Електроенергетика, електротехніка та електротехнології  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Електротехніка та електротехнології  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач

кафедри \_\_\_\_\_

“ ” 20 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Решетко Вікторія Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Перевірка умов та стану електропроводки в  
дому з наданням висновку на відповідність вимогам

керівник роботи Савошнін Олександр Олександрович Д.Ф.Н. проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 20 року №

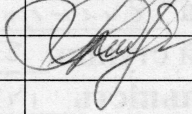
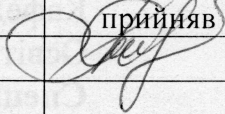
2. Строк подання здобувачем роботи 31.05.2019р.

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план підприємства,  
відомість і потужності електроустанов, мережевий роз-  
в'язок підприємства

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Отримати керівничий розпорядок. Провести розрахунок електроенергії та вивести висновок. Підготувати відповідний розпорядок. Вибір апаратури в межах Охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

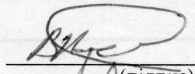
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата  |   |
|--------|---|---|---|
|        |   | завдання видав  | завдання прийняв  |
| ОП     | доц. Сірик А.О.                           |  |  |
|        |   |   |   |
|        |   |   |   |
|        |   |   |   |
|        |   |   |   |
|        |   |   |   |
|        |   |   |   |
|        |   |   |   |
|        |   |   |   |

7. Дата видачі завдання 15.04.2021р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


| №  | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|----|---|-------------------------------|----------|
| 1. | Торакієнічна оцінка шорст, як підручкова      | 30.04.2021                    |          |
| 2. | Використання уявлень                          | 30.04.2021                    |          |
| 3. | Біографічні уявлення про виконавця            | 03.05.2021                    |          |
| 4. | Використання іа релігій БРУ                   | 05.05.2021                    |          |
| 5. | Моральні розрахунки                           | 06.05.2021                    |          |
| 6. | Оцінка кваліфікаційною оцінкою                | 11.05.2021                    |          |
| 7. | Оцінка праці                                  | 12.05.2021                    |          |
| 8. | Висновок виконавця кваліфікації               | 20.05.2021                    |          |
|    |   |                               |          |
|    |   |                               |          |
|    |   |                               |          |
|    |   |                               |          |
|    |   |                               |          |
|    |   |                               |          |
|    |   |                               |          |

Здобувач

  
(підпис)

Злотин В.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Сервоич О.О.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Реготун В.О. «Переробка мулу на очисних спорудах в біогаз з позитивним впливом на навколишнє середовище».

Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

141. “ Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”.

Пояснювальна записка складається зі вступу, семи розділів та списку використаної літератури. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 70 сторінок.

Метою даної роботи було розкриття факторів використання мулу каналізаційних стоків в енергетичному напрямку для комунального господарства, що таке біотрансформації органічних відходів каналізаційних очисних споруд, зрозуміти як і де це можливо використовуються. Проаналізовано сучасний стан розвитку біогазових установок , дано короткий опис станції для простих і легких електроциклів. Представлені дані про використання сонячної інсоляції на плоску поверхню станції очисних споруд для автономного енергозабезпечення. Проведено теоретичний аналіз практичного застосування анаеробного зброджування осадів стічних вод з метою отримання біогазу на каналізаційних очисних спорудах.

**Ключові слова : переробка мулу, біогаз, каналізаційні стоки, анаеробне зброджування, очисні споруди.**

## **Annotation**

Rehotun V. O. « Processing of silt at treatment facilities in biogas with a positive impact on the environment ».

Національний Університет Харчових Технологій, Київ 2021

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

The explanatory note consists of an introduction, seven sections and a list of used literature. The total volume of the explanatory note is 70 pages.

The purpose of this work was to reveal factors for the use of silt of sewage in the energy sector for the utility, what is biotransformation of organic waste sewage treatment plants, to understand how and where it is possible to use.

The current state of development of biogas plants is analyzed, a brief description of the station for simple and light electric bikes is given. The data on the use of solar insolation on the flat surface of the treatment plant for autonomous energy supply are presented. Theoretical analysis of the practical application of anaerobic digestion of wastewater sediment in order to obtain biogas at sewage treatment plants was carried out.

**Keywords : processing of silt, biogas, sewage, anaerobic digestion, treatment facilities.**

## ЗМІСТ

Вступ.

|  |    |
|--|----|
| 1. Характеристика очисних споруд, як підприємства                    | 11 |
| 2. Використання біогазових установок                                 | 15 |
| 3. Біогазові установки для встановлення на<br>очисних спорудах.      | 23 |
| 4. Експлуатація та ремонт БГУ  | 43 |
| 5. Алгоритм розрахунку конструкторно-технологічних<br>параметрів БГУ | 51 |
| 6. Охорона навколишнього середовища                                  | 54 |
| 7. Охорона праці.  | 58 |
| 8. Список використаної літератури                                    | 71 |

## ВСТУП

Енергетична галузь є галуззю економіки України, яка є показником рівня розвитку решти галузей країни в цілому. Людство за весь період свого існування використало близько 950 трлн кВт / год енергії різних видів, причому 2/3 від цього припадає на останні тридцять років. В результаті чого проблематика використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії стає все більш актуальною для сьогодення. Нетрадиційні джерела енергії включають в себе сонячну, вітрову, геотермальну енергію, біомасу і енергію Світових океанів. В період останнього десятиліття зацікавленість до зазначених джерел енергії зростає з кожним днем, оскільки ресурс енергії з цих джерел необмежений.

У зв'язку із нестачею власних традиційних джерел енергії та проблеми з їх імпортом розв'язання питання щодо використання нетрадиційних енергоджерел є актуальним завданням.

Поля аерації на очисних спорудах, приміщення грубої очистки стічних вод, мулові басейни є забрудниками повітря навколишнього середовища та джерелами зловонних газів. Зловоння від очисних споруд пояснюється наявністю в повітрі шкідливих хімічних сполук.

Одним із шляхів утилізації мулових залишків, що знаходяться на очисних спорудах є технологія біогазу, яка дає можливість із розв'язком екологічної проблеми отримувати надочищену питну воду та енергію у вигляді біогазу. Технологічне обладнання дає можливість виробляти різні види органічної сировини в біологічних сполук в енергію. Мулова маса через спеціальний трубопровід поступає до вагодозувального пристрою, де змішується і додається до підігрівач субстрату.

Біогазова установка – це технологічна станція, яка дає можливість перетворювати різні види органічної сировини в енергію у вигляді біогазу, в високоефективні органічні добрива і при цьому є вирішенням багатьох екологічних проблем (ерозія ґрунтів, забруднення водойм, викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу). Біогаз утворюється за допомогою перетворення органічної субстанції (надалі скорочено - органіка) бактеріями. Різновиди вид бактерій розідають органічні субстрати, що складаються переважно з таких компонентів як вода, білків, жирів, 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 (CH<sub>4</sub>) становить від 6 до 87% і є загальним складовим біогазу, а це означає що і основними енергетичними компонентами.

Можна зазначити, що з будь-якої органічної сполуки в умовах відсутності кисню можна видобути біогаз. Бактеріям необхідно дати достатньо часу, щоб переопрацювати матеріал, який досить складно розкладається, ним можуть бути, наприклад задерев'янілі залишки рослин. Цей процес спеціально застосовують для очищення стічних вод, для того щоб розкладання органічних сполук та шкідливих речовин. Водночас деякі складові були найбільш корисними. Текучі, кашоподібні і взагалі компоненти, що гальмують велику кількість води, найкраще компонують для виконання процесу бродіння, зазначимо що в них можна з легкістю зупинити анаеробні умови, в цей же час як біологічні сполуки з великих шматків таких як деревина краще здійснювати розклад компостуванням або іншим шляхом.

Газова сполука «метан», що перебуває в біогазовій суміші, має енергетичну цінність від 11 кВт на м<sup>3</sup> і є таким же газом, як і природний газ. Якщо суміш газів перекладати в електричний струм з допомогою генератора, то можна звернути увагу при його ефективності наприклад 4,5% з 1,5 кВт брутто виходить 0,40 кВт електричного струму, який може без проблемно давати в мережу електричного живлення.

Керівний склад підприємств, який буде біогазові установки зазвичай, переслідує одну мету: виробництво енергії. Поряд з тим ряд переваг можливо отримати і від ряду інших позитивних чинників.

Принципово при будівництві біогазових установок варто враховувати такі аспекти:

- за допомогою БУ можливо здійснити оздоровлення підприємства, що переживає кризу. БУ також має змогу підтримувати ефективним підприємствам залишатися на ефективному рівні;

- здійснення інвестицій в БУ пов'язане з довготривалим капіталовкладенням. Тому будівництво БУ повинно бути відмінно розраховане з урахуванням перспективи щодо його окупності;

- у зв'язку зі збільшенням кількості БУ, в певних регіонах нашої держави виникає нестача території для вирощування субстрату, що насамперед в першу чергу збільшує цінність на оренду землі. Для власників БУ, в першу чергу вони залежать від оренди або купівлі сировини це значить що це великий ризик. Тому важливо виконати розрахунки за довгостроковим доступу до сировинної бази;

- економічна рентабельність БУ, незважаючи на високий коефіцієнт корисної дії за рахунок виробленої енергії все одно може знизитись, по-перше купівля електроенергії є гарантійною, крім витрат на сировину і ціну за оренду землі, вирішальне значення може мати і використання тепла як кінцевої енергії з БУ. Тому бажано здійснювати розробки концепцій з високою ефективністю використання теплової енергії;

- метанові бактерії вимагають до себе дуже великої турботи та уваги, як живі істоти, отже враховуючи зазначене необхідно під час експлуатації БУ володіти досить великим рівнем спеціальних знань. Отже для якісної роботи БУ варто призначати посадових осіб, які володіють необхідними знанням в даній сфері;

- здійснення експлуатації БУ неможливе без нагляду і організації проведення профілактичних робіт. БУ потребують в залежності від типу і

розміру щодня проведення оглядових робіт;

Якщо врахувати зазначені моменти то БУ може бути економічно доцільною при наступних умовах:

- на законодавчому рівні, врегульовано, що оплата електричної енергії яка походить з БУ та, яка на даний час зменшується: тобто це економічно вигідно тоді, коли особиста вартість за електроенергію є вище ніж вартість для продажу; в наступному не економічно вигідним стає подолання або вирівнювання «пікових періодів», які можна перекривати за допомогою БУ.

- капіталовкладення, які буде вкладено в будівництво або реконструкцію біогазової установки, обов'язково себе окуплять за короткий період часу, але для цього потрібно щоб обслуговуючий персонал був якісно навчений ;

- БУ, яка встановлена на території підприємства де здійснюються очисні процеси (очисні споруди) має великий коефіцієнт корисної дії так-як кількість мулової сировини необмежена;

Якщо є ціль дешево і протягом тривалого часу отримувати відповідні мулові маси, то це може значно вплинути на економічну доцільність БУ та заощадити фінансові витрати. Економічна доцільність БУ не повинна залежати від постачальників мінеральних добрив або, принаймні, повинна бути гарантована довгостроковими контрактами. Отже встановлення БУ на території підприємств очисних споруд є досить економічно вигідним проектом так-як надходження мулових мас до очисних споруд відбувається постійно;

Основною метою зазначеного аналізу є дослідження використання технології отримання біогазу на території очисних споруд .

- Якщо розглянути проект реконструкції очисних споруд то він складається зі будівництва станції для зброджування мулу та встановлення нових пісковловлювачів, нового обладнання для первинних і вторинних відстійників, а також модернізацію аераційної частини очисних споруд, будівництво станції хімічного осадження.

Зазначений в нашому проекті, технологічний процес складається з

анаеробного термофільного (при  $t=550\text{C}$ ) забродження мулу, в результаті чого виникає розпад органічних частин мулової складової і утворюється біогаз з великим вмістом метану, біля 65%. В наступному за рахунок згорання отриманого біогазу в когенераційних блоках генерується електрична і теплова енергії, які в свою чергу використовуються для компенсації власних потреб очисних споруд.

Також можемо зазначити, що БУ дозволяє виробляти в середньому до 39400 МВтг електроенергії на рік, що забезпечує значну економію енергії для підприємств (очисних споруд), а також скорочуються викиди парникових газів приблизно на 128600т. в еквіваленті  $\text{CO}_2$ .

Також можна зазначити, що з одержанням електричної і теплової енергії з мулової маси, реалізація проекту дозволить вирішити надзвичайно гостру проблему його складування, адже мулові майданчики, які займають значно велику площу поруч з територією КОС і переважно на всіх очисних спорудах вони експлуатуються з 60-х років минулого століття, на теперішній час є перенаповнені. Накопичення сирого осаду на мулових майданчиках очисних споруд призводить до погіршення екологічної ситуації в містах та утворення неприємного запаху на території поблизу споруд.

## РОЗДІЛ 1

### Характеристика очисних споруд, як підприємства

**Очисні споруди** — інженерні споруди для очищення, знешкодження й знезараження стічних вод.

Очисні споруди обов'язково потрібні будь-якому підприємству і населеному пункту, щоб відходи від громадських, житлових, сільськогосподарських і виробничих об'єктів не потрапляли в навколишнє середовище в своєму початковому вигляді.

За масштабами і місцем розташування вони бувають:

- **Загальноміські.** Приймають відходи великих міст, населених пунктів, стоки підприємств після локального попереднього очищення. Відрізняються максимальною продуктивністю та великою площею.
- **Локальні.** Встановлюються на підприємствах, в невеликих селищах. Зазвичай виконують попередню очистку перед скиданням стічних вод у загальноміські мережі.
- **Станції біологічного очищення.** Компактні індивідуальні системи для приватних будинків.

Очисні споруди призначені для механічного та біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод .

До складу очисних споруд каналізації входять такі основні споруди:

- Камера прийому стічних вод;
- Будівля решіток
- Пісколовлювачі горизонтальні;
- Преаератори;

- Первинні радіальні відстійники;
- Аеротенки;
- Повітродувна насосна станція;
- Вторинні радіальні відстійники;
- Будівля хлораторної.

Приймальна камера :

Приймає стічні води.

Будівля решіток :

В приміщенні будівлі відбувається уловлення крупних зважених частин, які входять до складу стоків

Пісковловлювачі горизонтальні :

Призначені для вловлювання піску та інших важких частин в стічній воді, які надходять до них після будівлі решіток.

Преаератори :

Після пісковловлювачів стоки потрапляють до преаераторів. Споруди служать для проведення процесу коагуляції.

Первинні горизонтальні відстійники :

Після процесу коагуляції стічні води потрапляють до первинних відстійників де великі формування мулу осідають, збираються та перекачуються за допомогою мулової насосної станції до мулових майданчиків.

На цьому завершується процес механічної очистки стічних вод.

Аеротенки :

На аеротенках відбувається перший етап проведення біологічної очистки стоків. За допомогою мікроорганізмів проходить процес очищення.

Воздуходувно-насосна станція :

Виконує функцію постачання кисню до аеротенок та циркуляції активного мулу.

Вторинні горизонтальні відстійники :

Очищені стічні води після аеротенків потрапляють до вторинних відстійників де частинки активного мулу осідають, збираються та подаються за допомогою мулососів до аеротенок.

Хлораторна :

Очищені стоки проходять знезараження гіпохлоритом натрію. Хлорування стоків здійснюється згідно технологічних нормативів та регламенту, затвердженого РайСЕС.

Після повної механічної та біологічної очистки, а також знезараження стічні води скидаються до каналу доочистки по якому потрапляють до водойм (річки, озера).

### **Методи очистки стічних вод**

Принцип роботи очисних споруд залежить від методу очищення. Існує кілька основних:

- Механічний. Домішки видаляються механічним шляхом, внаслідок фільтрації та відстоювання. Тверді частинки уловлюються сітками, пісколовками та іншими первинними фільтрами, а поверхневі – бензомаслоуловлювачами. Зазвичай це перший етап комплексної очистки.
- Хімічний. Спеціальні реагенти осаджують забруднювачі, перетворюючи їх в нерозчинний осад. Метод використовується для глибокого очищення промислових стічних вод, дезінфекції, як підготовка перед біологічним очищенням.

- Фізико-хімічний. Передбачає видалення розчинених і тонкодисперсних частинок різними методами: шляхом введення коагулянтів для утворення осаду, методом сорбції, пропусканням повітря чи методом флотації, а також шляхом центрифугування, нейтралізації, іонного обміну та інших методів.
- Біологічний. Заснований на принципі природного біохімічного самоочищення за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів. Такий процес називається біохімічним окисленням. У штучних умовах для цього використовуються спеціальні біофільтри, аеротенки, метантенки та інші системи.

Кращий результат дає сукупність кількох методів. При правильному проектуванні комплексних очисних споруд, іноді стічні води, що пройшли процес видалення забруднень, на виході виявляються чистішими за водойми, куди вони надходять.

Своєчасне очищення стоків, в першу чергу, важливе для екології. Воно запобігає непоправному забрудненню водойм і ґрунту, ґрунтових вод. Забруднена вода порушує всю екосистему на кілометри навколо. Це позначається також на флорі, фауні, здоров'ї людей та хатніх тварин.

Наявність очисних споруд на підприємстві робить їх робочий процес більш економічним, адже іноді очищені стічні води використовуються повторно для господарських потреб.

Постійно з'являються нові технології і методи. Їх розвиток і впровадження на законодавчому рівні – це необхідний крок для збереження екології, навколишнього світу і самої людини. Сучасні автоматизовані системи оснащені аварійними механізмами, отже ризик скидання небезпечних або токсичних неочищених відходів практично зводиться до нуля.

## РОЗДІЛ 2

### ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

#### 2.1 Утворення біогазу

Процес виникнення біогазу можемо розподілити на 4 етапи (показано на рис. 2.1) в кожному етапі виконують функції різні групи бактерій:

1. Під час першої фази аеробні бактерії знаходяться в високомолекулярній органічній субстанції за допомогою ензимів розподіляються на низько молекулярні сполуки, такі як сахар, амінокислоти, жирні кислоти та воду. Ензими, визначені гідролізісними бактеріями, прилипають до зовнішньої оболонки бактерій (екзоферменти) і на данному етапі розщеплюють органічні сполуки субстрату на значно менші водорозчинні молекули. Полімери (багатомолекулярні утворення) розпадаються на одномери (окремі молекули). Цей біологічний процес отримав назву гідролізу, також він має довготривалий процес і залежить від позаклітинних ензимів, як наведу для прикладу целюлоза, амілази, протеази і ліпази.

Також на даний процес впливає рівень рН (4,5- 6) і термін перебування в резервуарі для відстоювання сировини;

2. На наступному етапі розщепленням займаються кислотоутворюючі бактерії. Ряд окремих молекули проникає в клітини бактерій, де молекули і продовжують розкладатися. В даному етапі також беруть участь анаеробні бактерії, що використовують решту залишків кисню і можуть утворити самі найкорисніші для бактерій анаеробні умови. При рівні рН 7-8,5 використовуються найперші на нестійкі жирні кислоти ( карбонові кислоти - оцтова, мурашина, масляна, пропіонова кислоти), низько молекулярні

алкоголь - етанол і газ - двоокис вуглецю, вуглець, сірководень, аміак. Цьому принципу називають фазою окислення (рівень рН знижується);

3. На даному етапі «кислото утворюючі бактерії», які знаходяться в органічних кислотах, створюють вихідні сполуки, що слугують утворенню метану, а саме: оцтову кислоту, двоокис вуглецю і вуглець. Отже дані бактерії, що зменшують кількість вуглецю, є досить чутливими до температурних режимів.

4. Під час завершального етапу утворюється метан, двоокис вуглецю і вода, яка є біологічною сполукою життє діяльності метанових бактерій з оцтової та мурашиної кислоти, вуглецю і водню. Дев'яносто відсотків всього метану виробляється під час даного циклу, 70% походить з оцтової кислоти. Отже, утворення оцтової кислоти (тобто передостанній етап - розщеплення) є фактором, що визначає швидкість утворення метану. Метанові бактерії виключно анаеробні. Найкращий рівень для рН є- сім.

Розпад органічних сполук на такіосновні складові і перетворюють в метан може виникати лише у середовищі з високим рівнем вологи, оскільки бактерії мають властивість перероблювати лише речовини в розчиненому вигляді тобто у вологому середовищі.

Станом на сьогодні науковцям відомо десять різних видів метаноккок і метанобактерій, розміром всього лише  $1\div 1000$  мм, які можуть існувати в різних середовищах та різних кліматах.

Під час процесу розпаду продукти перетворення (обміну речовин) кожної ланки бактерій визначаються, як поживні речовини для наступної ланки бактерій. Ступінчатий розклад органічних речовин виконуються різними швидкостями. Кожна групи бактерій здійснює свою роботу на різній швидкості. В той же час, як аеробні бактерії при досить достатньому харчуванні удвоюють свою вагу на протязі 20 хвилин - 10 годин (період генерації), анаеробні бактерії значно повільніше виконують даний процес. Етап виникнення оцтової кислоти протікає досить повільно. Бактеріям необхідна велика кількість днів для якісного розщеплення речовин і збільшення своєї ваги. З числа метанових бактерій також є декілька не досить

швидких видів, у I чергу чисті продукти потребують для цього від трьох до п'яти днів. Решта здійснюють розщеплення оцтової кислоти на метан в період від двох годин до трьох діб.

Скоріше в порівнянні з рештою, працюють кислотоутворюючі бактерії, які виробляють перші перетворення органічних сполук в період від декількох годин до двох діб. У найкращому випадку між етапами розщеплення утворюються динамічна рівновага в концентрації речовини, а саме між прибуттям поживних речовин і їх розщепленням. Най більша проблема є переого доування бактерій швидко розщеплюючим речовиною, що виробляють до накопичення кислот через кислото утворюючі бактерії. У зв'язку з такою проблемною ситуацією може прийти дуже різке падіння рівня рН, й зв'язку з чим решта бактерій може загинути.

Отже можна сказати, що динамічна рівновага також визначається простотою розщеплення субстрату. Цукор і крохмаль, наприклад, через свою легку біологічну структуру роз щеплюються досить швидко і потребують лише мінімального періоду часу перебування в ферментаторі. Чим складніше структура субстрату, тим довготриваліше відбувається період розщеплення. Целюлози і геміцелюлози мають широко розгалуджену структуру в результаті чого розклад триває дуже повільно.

Час розщеплення субстратів має досить пряму залежність на технічно необхідний час для бродіння. Отже, під час проектування БУ потрібно конкретно виявити, який субстрат або які субстрати можуть використовувати для процесів зброжування. Період зброжування, визначаємо динаміку анаеробного розкладу і швидкість розкладу конкретного субстрату.

## **Використання біогазу, як енергетичного палива**

Станом на сьогодні найбільш розповсюдженими способами використання біогазу є:

- горіння в газо поршневих моторах у складі ТЕЦ, з виробництвом електроенергії та тепла (або холоду), або з використанням тільки електроенергії (ТЕС);

- спалювання напряму в котлах, печах й іншому технічному резервуарі для того щоб отримати теплову енергію (можна використовувати для комунального/промислового теплопостачання, приготування харчових продуктів, кормів);

- закачав в газу мережу природного газу після очищення від баластних газів, в результаті очищення виходить аналог природного газу (біометан) з вмістом метану 98...99%;

- використання його в якості для автомобільного моторного палива після заглибленого очищення і компримування.

Ряд перерахованих способів використовуються у світовій практиці, але переважаючим є використання енергії в ТЕЦ на біогазі, у тому числі завдяки також для широко розповсюдженого механізму стимулювання за рахунок «зеленого» тарифу.

### **2.2.1 Спалювання біогазу**

Застосування його для суто з метою термо ефектом за допомогою пристрою як пальника Бунзена або лампи, тобто простими словами для приготування їжі на біогазі або використання для інфрачервоного випромінювання на фермах для вирощування «молодняка» сільськогосподарських тварин в нашій державі

досить мало використовується – навіть не зважаючи на повне згорання газу з мінімальним викидом шкідливих речовин у атмосферу. Здійснення приготування їжі на біогазі набуло значного використання в вискорозвинутих країнах за технологічним та економічним напрямками, в першу чергу через недостатню кількість природного газу та з метою економії традиційних джерел електроенергії.

### **2.2.2 Організація біогазового опалення**

Під час здійснення опалення біогазом розрізняють опалювальні котли з атмосферними пальниками невеликої потужності в межах від 10 до 30 кВт, а також паяльні лампи для більших потужностей. Опалювальні котли розраховані на роботу одного накопичувача, що в свою чергу дає тепло для житлових будинків, ферментатора, промислового водопостачання. Досить економічною альтернативою котла є газова колонка, що виконує роботу на одному атмосферному пальнику і виконана для обігріву промислового водопостачання. Доцільність знаходиться в межах 5-30 кВт. Також необхідно для пристроїв які дають тепло потрібно в першу чергу обов'язково встановити запобіжники (запобіжник від загоряння, контролю полум'я), вони будуть запобігати витоку газу та у разі його витоку відключатимуть колонку.

### **2.3 Переваги та недоліки установок**

Технологічне виробництво біогазу та використання в енергетичних цілях має ряд обґрунтованих і підтверджених світовою практикою переваг, а саме:

- біогаз відноситься до відновлюваних джерел енергії. Для виробництва біогазу використовуємо органічні сполуки (мул), який кожен день відновлюється;
- досить різномісний спектр використовуваної сировини для виробництва біогазу дає змогу побудувати БУ практично на території всіх підприємствах де є біологічні відходи;
- постійність виробництва електроенергії з біогазу протягом всього періоду дає змогу перекивати високі навантаження в мережі, особливо з тим що всі роботи нестабільних джерел, такі як сонячні чи вітрові електро станції;
- унікальність способів використання біогазу в енергетичних інтересах, як для того щоб на виробництві такої як електрично так і теплової енергії за місцем його створення, так і може бути на будь-якому об'єкті, яке підключене до мережі ПГ (у разі подачі очищеного біогазу в мережу ПГ), також можна використовувати біогаз як паливо для транспортних засобів;

- значне пониження поганого вияву на навколишнє середовище за рахунок переробки та знешкодження багатьох відходів так шляхом контрольних зброджування в реакторах або при тому зборі біогазу на уже використовуючи об'єктах;

- біогазові принципи – є в першу чергу одним з основних і раціональних шляхів знищенням органічних відходів.

Необхідно зазначити, що БУ мають ряд недоліків під час експлуатації:

- обов'язковість неухильного дотримання технологічних режимів у період ферментації;

- ускладнені формально-юридичні процедури щодо надання дозволу на побудову БУ;

- досить висока вартість БУ.

### **Вартість та ефективність біогазу на підприємствах очисних споруд**

У певних країнах світу енергетика з застосуванням біогазу займає важливе місце в енергобалансі. До прикладу, у Данії на частину енергетики на біомасі припадає понад 7% усієї енергетики, в Австрії – 12%, у Швеції – 21%, а у Німеччині – понад 24%. У цілому, в країнах ЄС щорічно із біологічної маси отримують 14% від загальної. Європейський ринок БУ має оцінку в \$10 млрд, і, за прогнозами, воно повинне відрости до \$35 млрд уже до 2022 р. При цьому 75% біогазу виробляється з відходів сільського господарства, 16% – з екологічних відходів які приватні домогосподарства і підприємців на 9% – каналізаційних очисних споруд.

Враховуючи вище зазначене можна дійти висновку, що встановлення біогазової установки на очисних спорудах буде досить енерго та економічно ефективним, як мінімум біогазова установка зможе забезпечити енергонезалежність та економію підприємства очисних споруд.

Встановлена потужність альтернативних джерел енергії у 2020 році

становила приблизно 1,5 ГВт, а загальна 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 БУ в нашій державі становить — два-сім років в залежності від встановленої потужності, яка розрахована для БУ.

В період до 2013 року в Україні було лише сім біогазових комплексів, які були встановлені на полігонах твердих побутових відходів.

Але станом на 2013 рік перші БУ розпочали вводити в експлуатацію й фермерські господарства разом з підприємствами які займаються очисткою стічних вод. За останні 5 років, за отриманими даними Держенергоефективності, кількість БУ, що здійснюють свою роботу, збільшилася з двох до 12.

У спорудження БУ в нашій державі здійснено інвестування близько 100 млн. євро.

Спираючись на отримані дані Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження, станом на кінець 2020 року в Україні діювали 43 біогазові установки загальною потужністю 66 МВт.

**Висновок:** У цьому розділі розглянули процес утворення біогазу, запропонували конструкції БУ для очисних споруд різних розмірів, що дає змогу задовольнити потреби підприємств у паливі для власних потреб.

## **РОЗДІЛ 3**

### **БІОГАЗОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ НА ОЧИСНИХ СПОРУДАХ**

#### **3.1 Принцип дії БГУ**

Основним принципом роботи БУ вкляли такі процеси бродіння та розпад органічних речовин під впливом метано утворювальних бактерій в відповідних умовах, які можуть характеризувати відсутність кисню, найвищої вологості і температурного середовища 16-25° для психофільних, 25-35° для мезофільних і 60-75° для спеціальних бактерій.

Анаеробне бродіння виконується в герметичній ємності – реакторі (метантанку) стандартної циліндричної форми, яка має горизонтальне або вертикальне розташування. Для здійснення ефективного бродіння в порожнині реактора слід підтримувати постійну температуру відповідно до зазначеного режиму бродіння: мезофільного або термофільного і виконувати регулярне перемішування зброджуваної маси.

Також варто зазначити, що мезофільний режим потребує менше затрат тепла, але розклад органічних речовин при такій температурі виконується досить повільно і не в повному обсязі.

Термофільний цикл перероблення сировини потребує більше затрат тепла та має вищу швидкість розкладу, більш високий вихід біогазу і найменш шкідливий для навколишнього середовища та людей. Але варто зазначити, що даний режим трохи складніший для реалізації і контролю за процесами.

В ході бродіння здійснюється виділення біогазу, який в собі містить

близько 50-60% метану, 40-50% вуглекислого газу, біля 2% сірководню та не значну кількість азоту та водню.

Об'єм утворюваного біогазу для даного утворення, в нормальних умовах використовується при температурі 36-38° і середній часовий показник сировина утримується в реакторі протягом 10 діб та знаходиться в межах 50-80 м<sup>3</sup> біогазу на 1000 кг вмісту на 24 години.

Отже, якщо нам відома вага мулу, то добовий вихід біогазу буде орієнтовно: 1 тонна мулу – 4100 м<sup>3</sup> біогазу.

### **3.2 Основні елементи конструкції БУ**

- 1) Система зберігання субстрату (біомаси).
- 2) Модуль зважування та подачі 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 барботажне).
- 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 мулу).
- 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.

### **3.2.1 Реактори для біогазових установок**

Можна зазначити, що у простих, зокрема в невеликих біогазових установках, що споруджені особистими силами, бродильна камера має форму паралелепіпеда. З метою підвищення рівня ефективності такий реактор перегороджують вертикальною стіною, цим самим створюючи основну бродильну камеру та камеру для кінцевого зброджування та осадження шлаку, але БУ такого типу не можуть досягти високого ступеню розкладення субстрату, оскільки в них практично неможливо виконати нормальне змішування біомаси, керування погруження середнього об'єму камери та дотримуватися часу знаходження тіла в реакторі, що в першу чергу повинне бути необхідним для одержання найвищої кількості газу.

#### **Рисунок 2.2 – «Типи реакторів БУ»:**

Перелік різновидностей реакторів БУ:

- 1 – циліндричний реактор з верхнім загрузенням;
- 2 - циліндричний реактор з нижнім загрузенням;
- 3 – циліндричний двоблоковий реактор;
- 4 - похилий реактор;
- 5 – траншейний реактор з плаваючою поверхнею;
- 6 – реактор блоковий горизонтальний.

Реактор БУ може бути встановлений над поверхнею землі на фундаменті і основі, поміщений в землю або встановлений посеред будівлі. Однією із основних вимог до реактора є забезпечення герметичності і корозійної стійкості. Обраний реактор повинен мати кришку, яка необхідна для здійснення профілактичних і ремонтних робіт в реакторі, між корпусом та люком має бути встановлена прокладка з резинового матеріалу. Головним критерієм при виборі складу реактора є можливість реалізувати його на реальному житті та простіть в обслуговуванні.

Отже в наявності металевої цистерни певного об'єму необхідно здійснити перевірку зсередини і зовні верхніх стінок на виявлення раковин, я  
роботи зварки, чи є отвори та інші пошкодження які можуть виникати,  
які в ході роботи необхідно усунути.

### **3.2.1 Механізм завантаження і вивантаження БГУ**

Робота БГУ включає в себе щоденне погруження сировини і вивантаження мулу.

Найпоширенішим, найлегшим способом завантаження і вивантаження є спосіб переливу, який заключається в тому, що при завантаженні мулу сировина в середині реактора буде підніматися і через з'єднання з ним переливних труб така ж велика кількість зароджуваної сировини вантажується в ємність для того щоб зібрати.

Щоб організувати забезпечення цілісності реактора в процесі загрузки і вигрузки вхідні та вихідні труби будуть розташовуватись таким чином щоб під таким нахилом до паралельної вісь таким чином, щоб цей кінець який знаходиться нижче труби був поставлений трішки нижче рівня води. За допомогою цих процесів буде створений затвор, який буде перешкоджати виникнення повітря в реакторі.

Для рівнозначного перерозподілу залитої маси по всьому об'єму реактора та якості видалення переробленого шлаку труби які вже завантажені і вивантаження будуть розташовуватися на різних стінках реактора.

Біологічна маса, що завантажується, може містити тверді частинки достатньо великих розмірів.Щоб труби не забивалися, їх радіус завжди повинен бути не менше 350 мм. Труба яка не завантажується має всередині бункер для того щоб підготувати сировини для подальшого використання.

Після того як маса після збродження видаляють з реактора автоматичним переливом за допомогою спеціальної вивантажувальної труби

в цей період наповнення нової сировини. З реактора вже маса яка збродилась, після цього вона буде потрапляти в спеціальну резервуар, яка є для використання готової сировини. Та і інша ємності можуть бути виготовлені з бетону чи металу.

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

### **3.3.1 Організація температурного режиму сировини**

Розповсюдженою схемою є система опалення і водонагрівуючого блоку, який працює на біологічному газі, електричній енергії та твердих видах палива. Нагріваними елементами можна брати теплообмінники у вигляді змійки, блоки радіаторів або паралельно з'єднаних трубних провідників, в яких теплоносієм є підігрітий водний розчин температурою близько шістдесяти градусів за Цельсієм. Якщо температурний режим підвищений то і підвищується ризик налипання зважених частинок на поверхні теплообмінника.

Теплообмінники бажано встановлювати в зонах дії змішувального блоку, що допоможе уникнути осадкам твердих частин на його зовнішній поверхні.

Також можемо виділити 4 категорії біологічної маси для енергетичного використання:

- мулова біомаса;
- маса стічних вод з біологічними сполуками;
- залишки сільського господарства;
- органічні відходи.

Під час виконання монтажу системи опалення дуже важливо організувати умови, необхідні для природної циркуляції рідини в системі БГУ. Для даного процесу нам потрібно забезпечити подачу теплої води у верхню частину системи і повернення охолодженої води в найнижчу частину

### Рисунок 2.3 – Схематичне зображення здійснення підігріву сировини за допомогою водонагрівуючого блоку

В встановлених трубах, які призначені для опалення обов'язково повинні бути встановлені клапани для здійснення викиду стиснутого повітря з верхніх блоків, а в блоці підігрівання устаткування – розширювальний бачок для здійснення компенсації у разі зміни об'єму водної маси. Також для якісного контролю температурного режиму в реакторі обов'язково повинен бути встановлений термометр чи термостат для здійснення якісного контролю.

#### 3.2.2 Організація видобутку біогазу з БГУ

Дана система в собі містить розподільчі газові трубові з'єднання, збиральний блок конденсату, запобіжний вентиль, накопичувачі газу (газгольдер) і споживач який використовують такі як (кухонні плити, нагрівачі води, двигуни внутрішнього згорання і ін.). Дана система монтується тільки після установки реактора в на робоче місце.

Отже дана система має виготовлятися із металевих трубових з'єднань з внутрішнім діаметром не менше п'ятнадцяти міліметрів і зварними з'єднаннями в стикових точках. Також для встановлення заборового об'єкту газової системи БГУ в момент запуску реактора обов'язковим моментом є встановлення напівоборотного крана.

- послідовно з'єднані газгольдери.

Отвір, який призначений для видобутку біогазу з реактора повинен знаходитись у його верхній частині. Також після встановлення збірника конденсату необхідно встановити запобіжний клапан, який зроблений у вигляді ємкості з водним розчином, який в свою чергу забезпечує пропускання газу за одним напрямком.

Всередині ємкості вхідний кінець труби занурений у воду, а вихідний –

знаходиться над водним розчином. Це дозволяє запобігти потраплянню повітряної маси через газову систему в реактор і запобігти удару полум'я який може виникнути в зворотному порядку через процес газового поділення.

Клапан необхідно встановлювати перед розгалудженнями систем у такому направленні до швидкості газ, щоб весь біологічний газ, який утворюється в БГУ, обов'язково проходив через клапани.

Запропоновані способи накопичення біологічного газу залежать від того, для яких цілей буде використовуватися газ, якщо передбачено пряме згорання в блоках котлів, двигунах внутрішнього згорання, то встановлення великих газгольдери не доцільне. У цьому випадку газгольдери потрібні для вирівнювання нерівностей газовиділювальних процесів та покращення тим самим умов горіння біологічного газу.

Для встановлених БГУ не значних розмірів в якості накопичувачів біологічного газу можна використовувати великі складські приміщення. А для накачування та зберігання великих об'ємів газу необхідно використовують залізні ємкості великого і маленького об'єму які будуть використовуватись на тиск до  $300\text{кг/см}^2$ , закачування в дані накопичувачі необхідно здійснювати за допомогою компресерних установок.

Трубові з'єднання для здійснення подачі біологічного газу від БГУ до споживачів повинні бути захищені від механічних впливів. Також бажано використовувати труби високої якості і по можливості прокладати їх під землею.

Для істотного зниження ризику щодо витоку біологічного газу слід звести до мінімуму використання роз'ємних з'єднувальних елементів трубових з'єднань. Станом на сьогоднішній день існує багато способів перевірити чи є витік газу з трубопроводу.

Газопровідна система обов'язково повинна бути обладнаною запобіжно-скаридами клапанами, які випускають біологічний газ в навколишнє середовище при підвищенні тиску в установці.

Окрім накопичування біологічного газу в газгольдері, залишки газу

можна утилізувати шляхом спалення. Спалення залишків біологічного газу запобігає забрудненню метаном навколишнього середовища. Для виконання даного спалювання доцільно використовувати найпростіший факельний пристрій, але з дотриманням вимог пожежної безпеки.

### **3.2.3 Блок змішування сировини в БГУ**

Змішування біологічних сполук в реакторі збільшує ефективність робочих процесів системи та запобігає утворенню осадку твердих частин на теплообмінники і дні реакторного блоку та здійснює перешкоджання утворенню наліту на поверхнях.

а, б – механічна мішалка;

в, г – змішування з використанням насоса;

д – змішування біогазу і рідиною;

е – змішування біогазу.

Змішування біологічних сполук в реакторі збільшує ефективність роботи установки та запобігає утворенню осадків твердих частин на теплообмінники та стінах реакторах та одночасно здійснює перешкодження утворенню кірки на поверхнях стінок.

Змішування є постійним або інтервальним в залежності від режиму роботи реактора та БГУ.

Змішування в загальному можна звести до наступних варіантів: механічними мішальними приладами де біологічний газ, який пропускається через товщину сировини та здійснення перекачуванням сировини з верхньої позиції в нижню. Робочими блоками механічних мішальних приладів є шнеки та лопаті, вони можуть включатись в роботу вручну від електричних двигунів або від гідро двигуна.

Прилади механічного змішування з ручним приводом найлегші у виготовленні та користуванні при встановленні в реакторах невеликих БГУ ,які мають не значну кількість біогазу на вихідному етапі.

Схематично механічні змішувачі виявлять себе як горизонтальний та вертикальний в становлений вал всередині реактора паралельно центральній

вісі реактора. Можна побачити, що на валу закріплені лопаті чи інші елементи, що здійснюють забезпечення переміщення біомаси, яка збагачена метановими бактеріями від місця вигруження до місця загруження. Отже механічні змішувачі дозволяють збільшити швидкість утворення метану і скоротити часовий інтервал перебування сировини в реакторі БГУ.

- а) змішування біологічним газом;
- б) змішування механічними лапастими;
- в) змішування механічними змішувачами з електричними двигунами;
- г) змішування з використанням насосної станції;
- д) змішування механічними змішувачами від гідро двигуна;

Змішування шляхом пропуску біологічного газу через сировини, дає позитивний результат лише у тому випадку коли в складі БГУ є компресорна установка, за допомогою якої виконується перекачування біологічного газу в газгольдер, в свою чергу з якого певна частина стиснутого біологічного газу періодично закачується на змішування сировини в реакторі БГУ.

### **3.3 Схеми використання БГУ**

- 1 –реактор;
- 2 – бункер загруження;
- 3 – дверцята для доступу в реактор БГУ;
- 4 – водний затвор;
- 5 – вивантажувальне трубове з'єднання;
- 6 – відвід біологічного газу.

Дана БГУ використовується для невеликих підприємств (очисних споруд), об'єм реактора становить від 4 до 12 м<sup>3</sup>, який розрахований на перероблення від 60-200 кг мулової сировини на добу.

Дана БГУ має в собі мінімальну кількість складових частин для забезпечення процесу переробки мулу для отримання біологічного газу. Біологічний газ, який добувається за допомогою БГУ, з перших секунд подається по трубопроводам для використання.

Також необхідно зазначити, що перероблені речовини вивантажуються з реактора через спеціально призначену трубу в момент завантаження чергової подачі сировини або за рахунок тиску біологічного газу.

Біологічна маса, яка пройшла процес бродіння одразу вивантажується та може потрапити в резервуар для недовгого зберігання, об'єм її повинен бути не менший, ніж об'єм реактора БГУ.

Рисунок 2.8 – Схематичне зображення БГУ з ручним загрузенням і змішуванням сировини в реакторі:

- 1 – реактор;
- 2 – бункер загрузки;
- 3 – змішувальний блок;
- 4 – водяний затвор;
- 5 – розвантажувальне трубове з'єднання;
- 6 – відвід біологічного газу.

Монтаж даного пристрою не потребує досить великих фінансових витрат. Для збільшення ефективної роботи БГУ встановлено пристрій ручного змішування сировини. Дана БГУ працює в стандартному режимі роботи, без здійснення підігрівання сировини в реакторі БГУ.

Отже необхідно зазначити, що для більш продуктивного процесу зброджування сировини встановлено систему підігрівання реактора завдяки цьому наша БГУ може працювати в мезофільному і термофільному режимах роботи.

Отже реактор БГУ підігрівається за допомогою водонагрівального котлового блоку, забезпечення паливом якого здійснюється біологічним газом, що виробляється в БГУ. Решта біогазу використовується безпосередньо в газових споживачах підприємства.

Рисунок 2.9 – Схематичне зображення БГУ з ручним загрузенням, змішуванням і розігрівом маси в реакторі:

- 1 – нагрівальний котловий блок;
- 2 – бункер загрузення;
- 3 – змішувальний пристрій;
- 4 – реактор;
- 5 – водяний затвор;
- 6 – відвід біологічного газу;
- 7 – розвантажувальний бункерний блок;
- 8 – ємність для зберігання мулу;
- 9 – розвантажувальне трубове з'єднання

Рисунок 2.10 – Схематичне зображення БГУ з ручним загрузенням, газгольдером, пневмоперемішуванням і розігрівом бродильної маси в реакторі:

- 1 – нагріваючий котловий блок;
- 2 – завантажувальний бункер;
- 3 – реактор;
- 4 – водяний затвор;
- 5 – манометр електроконтактний;
- 6 – змішувальний пристрій;
- 7 – компресорна установка;
- 8 – ресивер;
- 9 – бункер розвантаження маси;
- 10 – розвантаження сировини;
- 11 – блок для зберігання мулу;
- 12 – газгольдер;
- 13 – редуктор газовий.

БГУ з ручним завантаженням маси в реактор забезпечена автоматичним гідравлічно-відкачуючим пристроєм виробленого біологічного газу і газгольдером для його подальшого зберігання, змішування біологічної маси в реакторі виконується біологічним газом. Така БГУ може працювати у всіх температурних режимах бродіння.

- 1 – бункер загрузення сировини;
- 2 – нагріваючий котловий бункер;
- 3 – реактор;
- 4 – запобіжний клапан;
- 5 – водяний затвор;
- 6 – манометр електроконтактний;

- 7 – компресорна установка;
- 8 – ресиверна установка;
- 9 – сховище для мулу;
- 10 – розвантаження сировини;
- 11 – відвід труби для завантаження в транспорт;
- 12 – газгольдер;
- 13 – редуктор газовий;
- 14 – змішувальний пристрій.

Схематичне виконання даної БГУ передбачає в собі ручну підготовку і пневматичне загруження мулової маси в реактор, частина виробленого біологічного газу використовується для підігріву біологічної маси в реакторному блоці. Змішування виконується стиснутим біологічним газом. Видобування біологічного газу в нашій БГУ виконується автоматично. Біологічний газ зберігається в газгольдерній установці. Також дана БГУ може працювати у всіх режимах бродіння сировини.

Рисунок 2.12 – Схематичне зображення БГУ

- 1 – приймач мулу;
- 2 – водонагріваючий котельний блок;
- 3 – бункер загруження;
- 4 – реактор;
- 5 – водяний затвор;
- 6 – запобіжний клапан;
- 7 – манометр електро контактний;
- 8 – компресорна установка;
- 9 – мішальний блок газовий;
- 10 – ресиверна установка;
- 11 – сховище для біологічних добрив;
- 12 – трубовий відвід для загруження в транспортні засоби;
- 13 – газгольдер;

14 – редукторна газова установка.

Унікальністю даної БГУ, є наявність спеціального блоку для підготовки біологічної маси, звідки вона поступає за допомогою вакуумного насосного блоку в бункер загрузка, а потім за допомогою стиснутого біогазу – в реактор БГУ. Для якісної роботи системи обігріву використовуємо незначну частину біологічного газу. БГУ удосконалена автоматичним відбором біологічного газу та газгольдером для його накопичення та збереження. Так-як в нас наявна системи обігріву то це дозволяє експлуатувати БГУ у всіх наявних режимах бродіння маси.

Висновок: В даному розділі ми розглянули основні принципи роботи БГУ. Технологічні схеми БГУ для встановлення на очисних спорудах, типи реакторів та механізми які вмонтовані в БГУ.

### **3.4 Вибір розміру реактора**

Розмір реактора вимірюється в кубічних метрах і залежить від кількості, якості і типу сировини, а також від обраної температури і часу зброджування. Є кілька способів визначення необхідного обсягу реактора.

Співвідношення добової дози завантаження сировини і розміру реактора  
Добова доза завантаження сировини визначається, виходячи з часу зброджування (час обороту реактора ) і обраного температурного режиму. Для мезофільного режиму зброджування час обороту реактора становить від 10 до 20 діб, а добова доза завантаження - від 1/20 до 1/10 від загального обсягу сировини в реакторі.

Розмір реактора для переробки певної кількості сировини  
Спочатку, виходячи з кількості тварин, досвідченим шляхом визначається добова кількість гною (ДН) для переробки в біогазової установці. Потім сировину розбавляється водою для досягнення 86% - 92% вологості.

У більшості сільських установок співвідношення гною і води, змішуються для отримання сировини, коливається від 1: 4 до 3: 1. Таким чином, кількість сировини, що завантажується (Д) - це сума відходів господарства і води, якій вони розбавляються.

Для переробки сировини при мезофільному режимі рекомендується використовувати дозу добового завантаження рівну 10% від обсягу загального завантаженого в установку сировини (ОС). Загальний обсяг сировини в установці не повинен перевищувати  $\frac{2}{4}$  об'єму реактора.

Необхідність в енергії для кожного індивідуального господарства визначається виходячи з суми всіх теперішніх та майбутніх споживчих ситуацій, таких як приготування їжі, освітлення, виробництво енергії. Необхідно також враховувати споживання біогазу на підігрів сировини в реакторі, яке в умовах Киргизстану становить від 11% до 24% в залежності від часу года. Кількість біогазу, необхідне господарству, можна визначити за кількістю енергії, споживаної раніше. Наприклад, спалювання 1 кг дров аналогічно спалюванню 655 літрів або 0,65 м<sup>3</sup> біогазу, спалювання 1 кілограма кізяка - 0,7 м<sup>3</sup> біогазу, а 1 кг вугілля - 1,0 м<sup>3</sup> біогазу. Необхідний обсяг біогазу для приготування їжі може бути визначено на підставі часу, щодня витрачається на приготування їжі. Необхідна кількість біогазу для приготування однієї порції їжі для однієї людини становить 0,16 - 0,2 м<sup>3</sup> біогазу. Для кип'ятіння 1 літра води необхідно 0,03 - 0,04 м<sup>3</sup> біогазу. Для опалення 1 м<sup>2</sup> житлової площі необхідно близько 0,3 м<sup>3</sup> біогазу на добу. Побутові пальника споживають 0,20 - 0,45 м<sup>3</sup> на годину.

Приклад:

Сім'я з чотирьох осіб мешкає в будинку площею 100 м<sup>2</sup>, містить 20 корів на площі 100 м<sup>2</sup> і переробляє гній в біогазову установку з об'ємом реактора 15 м<sup>3</sup>. Триразове приготування їжі для сім'ї з чотирьох осіб зажадає від 1,9 до 3,7 м<sup>3</sup> біогазу, а опалення приміщення площею 100 м<sup>2</sup> зажадає близько 19 м<sup>3</sup> біогазу на добу. На обігрів реактора (наприклад у вересні) необхідно 16%

вироблюваного біогазу. Для підігріву реактора установки об'ємом 14 м<sup>3</sup> потрібно буде витратити близько 6 м<sup>3</sup> біогазу щодня. На утримання однієї корови необхідно близько 3 літрів кип'яченої води в день, отже, для утримання 19 корів - необхідно закип'ятити 60 літрів води, на що піде 1,9 - 3 м<sup>3</sup> біогазу в день. На опалення необхідних для тварин приміщень загальною площею 100 м<sup>2</sup> необхідно 20 м<sup>3</sup> на добу. Таким чином, на утримання тварин необхідно 20,8 - 22 м<sup>3</sup> біогазу на добу. На все господарство необхідно 48,7 - 52,4 м<sup>3</sup> біогазу на добу.

Вибір місця розташування установки

Золоте правило розташування біогазової установки свідчить, що установка належить фермі, а не кухні. Краще, якщо ємність для змішування сировини безпосередньо з'єднується з підлогою ферми. Навіть якщо доведеться прокласти кілька метрів газових труб, це дешевше, ніж транспортування сировини. Рівень підлоги ферми повинен розташовуватися вище рівня ємності для підготовки сировини, тоді гній і сеча тварин потраплятимуть в цю ємність під дією сил гравітації самостійно. Якщо вузол вивантаження біогазової установки буде розташований вище рівня прилеглих полів, це буде сприяти більш легкому розподілу біодобрив по цих полях. Вибір конструкції біогазової установки в даний час розроблено безліч конструкцій біогазових установок, придатних для роботи в різних кліматичних умовах. Вибір конструкції біогазової установки найважливіший етап процесу планування. До вибору конструкції потрібно мати уявлення про базові проблеми, можливих для біогазової установки.

В місцевостях з порівняно холодним кліматом, таких як

Киргизстан, ізоляція і підігрів реактора важливі для цілорічної роботи установки. Кількість і тип сировини, що переробляється впливають на розмір і тип установки і конструкції систем завантаження і вивантаження сировини. Вибір конструкції установки також залежить від наявності будівельних матеріалів. Критерії для вибору конструкції

Місце визначає в основному підземний або надземний реактор буде

будуватися і в разі надземної конструкції, вертикальний або горизонтальний. Існуючі споруди можуть бути використані для зберігання біодобрих, наприклад, порожні ями або металеві ємності.

Для зменшення витрат при плануванні необхідно враховувати наявність вже готових частин установки. Наявність сировини визначає не тільки розмір і форму ємності для змішування сировини, а й обсяг реактора, що підігривають і перемішують пристрої. Перемішування за допомогою біогазу можливо при вмісті твердих частинок нижче 5%. Механічне перемішування стикається з труднощами при утриманні в сировину більше 10% твердих частинок.

### **3.5 Система збору біогазу**

Система збору біогазу складається з розподільного газового трубопроводу з запірною арматурою, збірки конденсату, запобіжного клапана, компресора, ресивера, газгольдера і споживачів біогазу (кухонні плити, нагрівачі води, двигуни внутрішнього згоряння та ін.) Система монтується тільки після установки біогазового реактора в робоче положення.

Отвір для відбору біогазу з реактора має розташовуватися в його верхній частині. Слідом за збіркою конденсату встановлюється запобіжний клапан, а також водяний затвор, виконаний в вигляді ємності з водою, який забезпечує пропускання газу тільки в одному напрямку.

**Водяні затвори**

Біогаз, що утворюється в реакторі біогазової установки, містить велику кількість водяної пари, які можуть конденсувати на стінках трубопроводів і приводити до їх закупорці. В ідеалі газова система повинна розташовуватися так, щоб конденсується волога могла стікати прямо в реактор. Якщо це неможливо, на низьких ділянках

системи повинні бути встановлені водяні затвори.

Ручні водяні затвори легкі в експлуатації, але, якщо їх регулярно не будеш, система буде блокуватися через занадто високого рівня води в них.

#### Газопровід

Газова система з'єднує біогазову установку з газовими приладами за допомогою труб. Ця система повинна бути безпечною, економічною і надавати необхідну кількість газу для кожного приладу.

Найбільш часто використовуються труби з гальванізується або пластикові труби. Дуже важливо, щоб газова система була газонепроникною і служила на продовженні всього експлуатаційного періоду біогазової установки. Трубопроводи для подачі біогазу від установки до споживачів повинні бути захищені від пошкодження. Витоку газу можуть бути перевірені з допомогою мильного розчину, що наноситься на місця з'єднання труб. Газопровід також повинен бути оснащений запобіжно-скідних клапаном, що випускає біогаз в атмосферу при підвищенні тиску понад 0,5 кг / см<sup>2</sup>. Надлишок біогазу необхідно спалювати в факельних пальниках.

#### Газові труби

Мінімум 60% непрацюючих біогазових установок відносяться до установкам, які не працюють через дефектів в газопровідної системи.

Тому важливо правильно встановити газопровідну систему.

Рекомендується користуватися одним розміром труб, клапанів і деталей для всієї системи. Вимоги до трубопровідної системи для біогазу НЕ відрізняються від загальних стандартів. Можна використовувати пластикові труби, стійкі до дії ультрафіолетових сонячних променів.

## Сталеві труби

Труби діаметром 1,2 - 1,8 см і довжиною менше 30 метрів підходять для маленьких і середніх біогазових установок. Для великих установок, більшої довжини труб і меншого тиску необхідний особливий розрахунок розміру труб. При установці газових труб особлива увага повинна приділятися:

- газонепроникним з'єднанням:
- водяному затвору на найнижчому ділянці труб для збору вологи;
- захист від механічних пошкоджень ;

Гальванізовані сталеві труби є надійною і довговічною альтернативою пластикових трубах. Вони можуть бути демонтовані і використані знову, якщо необхідно. Вони ударостійкі. Але вони дорогі і установка їх можлива при наявності кваліфікованих фахівців, тому вони рекомендуються тільки в тих місцях, де не можна встановити пластикові труби.

Пластикові труби Пластикові (УКР) труби дешеві і легкі в установці, але вони реагують на сонячну радіацію і можуть бути легко зламані, тому рекомендується встановлювати їх під землею.

## Діаметр труб

Необхідний діаметр труб залежить від витрати біогазу газовими приладами і відстанню між газгольдером і приладами, в яких використовується біогаз. Великі відстані знижують тиск біогазу в трубі. Чим довше відстань і більше витрата газу, тим більше втрати за рахунок тертя. Кути і арматура збільшують втрати тиску. Втрати тиску в трубах з пластика менше, ніж в трубах з Гальванізується.

## Розташування трубопровідної системи

Пластикові труби можуть бути використані для підземних систем або систем, захищених від сонця і механічних ударів. У всіх інших випадках використовуються гальванізовані сталеві труби. Для відводу газу безпосередньо від біогазової установки рекомендується використовувати гальванізовані сталеві труби діаметром 2,3 см.

Пластикові труби повинні розташовуватися на глибині не менше 27 см під землею і бути оточені піском або м'якою землею. Потім після перевірки трубопровідної системи на герметичність канава акуратно засипається звичайною землею. Перевірка на герметичність проводиться з допомогою закачування повітря в порожню трубопровідну систему під тиском в 2.7 рази більше максимального очікуваного газового тиску. Якщо після декількох годин очевидні втрати повітря - знижується тиск, тоді все з'єднання перевіряються шляхом поливу їх мильною водою (при витоках газу на поверхні труб будуть утворюватися бульбашки). крани і арматура

Найбільш надійні крани - хромовані кульові клапани.

клапани, які зазвичай використовуються для водних систем, не підходять для використання в газовій системі. Головний газовий клапан повинен бути встановлено близько до реактору. Кульові крани як запобіжні прилади повинні бути встановлені на всіх газових приладах.

Правильно підібрані і встановлені крани і арматура дозволяють проводити роботи по ремонту і чищення газових приладів без відключення головного газового крана.

## РОЗДІЛ 4

### ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ БГУ

#### 4.1 Етап підготовчих робіт

Вибір спеціального місця для розміщення установки залежить від ряду факторів саме:

- наявності не зайнятих площадок;
- значна відстань від житлових будинків;
- наявність місця для зберігання відходів.

Також даний реактор БГУ в залежності від глибини протікання ґрунтових вод, легкості та практичності загруження та вигруження сировинної маси, може знаходитись повністю в землі, частково або повністю над землею.

Якщо є можливість встановити реактор під землею то необхідно цим скористатись так-як це зменшить капіталовкладення, зменшить трудомісткість загруження сировини в реактор та зменшить кількість технологічного обладнання. Тобто якщо ми встановимо реактор під землею то значно покращиться якість терморегулювання, а також матимемо можливість застосувати дешеві теплоізоляційні компоненти.

Також необхідно зазначити, що теплоізоляційні компоненти повинні мати високоякісні ізолюючі характеристики та бути дешевими по вартості і легкодоступними. Організація утеплення здійснюється постійно. З метою недопущення контакту ізоляційних матеріалів та землі необхідно використовувати поліетиленовий матеріал.

## 4.2 Організація монтажних робіт на БГУ

Здійснення організації монтажних робіт щодо встановлення технологічно обладнання та організація ремонтних робіт необхідно щоб відповідали вимогам СНП 3.05.05-84, СНП III-4— 80 "Техніка без пеки в будівництві", відповідають стандарту і технологічним умовам експлуатації.

Альтернативні рішення щодо встановлення БГУ необхідно узгоджувати з організаціями, які мають дозвіл на проведення монтажних робіт.

Периметр території де проводяться ремонтні роботи необхідно закрити для допуску сторонніх осіб .

Під час організації підготовки до монтажних робіт необхідно :

- здійснити ознайомлення посадових осіб, що здійснюють роботи, щодо правильної організації монтажних робіт та техніки безпеки під час виконання робіт;

- здійснити перевірку закріплення фундаментних блоків, цілісність та наявність загороджень, наявність запобіжників та вимірювальних приладів з метою дотримання заходів електробезпеки;

- також необхідно переконатись в середині агрегату відсутні сторонні предмети;

- заборонити та неуможливити доступ до місця проведення робіт стороннім особам;

- здійснити перевірку щодо якості освітлення в місці проведення робіт, організувати заходи щодо дотримання заходів з протипожежної безпеки;

Також необхідно зазначити , що місце проведення робіт потрібно огородити загороджувальним парканом висотою не менше 1 метру.

Як монтажні роботи буде виконано необхідно здійснити перевірку щодо відповідності змонтованих реакторів складальному кресленню та розрахункам;

Комбіноване вирішення та конструктивний-зовнішній вигляд виробу повинен відповідати теперешнім вимогам технологічних стандартів:

- стандартний підхід щодо виконання та встановлення конструктивних елементів обладнання, що встановлюються на БГУ;
- планування робітничого процесу з мінімальною навантажкою на робітників;
- планування ремонтних робіт з мінімальним фізичним навантаженням на обслуговуючий персонал;
- організація оптимального підходу щодо комфортабельності проведення робіт.

#### **4.3 Організація проведення пусконаладжувальних робіт з БГУ**

Першим етапом підготовчого процесу є повторна калібрування герметичності реактора і газопроводу. Через газові систем буде підключений манометр, при цьому всі крани повинні бути перевернуті для того, щоб рукоятка, яка втрачається в балоні, могла бути завантажена манометром. За допомогою насоса або автоцистерни реактор заповнюється водою до робочого рівня. Якщо ви його увійдіть або, він пройде через додатковий клапан. Для фіксації показань манометра води, а також для наповнення реактора ми його збережемо. Якщо показання манометра не змінилися або змінилися незначно, то можна переконатися, що газова система і реактор досить герметичні. Якщо рукоятка втягується в реактор і газову систему, від неї необхідно позбутися.

#### **4.4 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 й 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.

#### **4.5 Експлуатація**

Робота газового управління ферментера встановлюється відповідно до правил безпеки в газовому управлінні. Ферментери повинні бути віднесені до вібро-пожезонежечним об'єктів, в цьому винні електродвигуни, освітлювальна арматура і пусковий обладнання ферментеров. Подача газу з ферментеров, установка і експлуатація газгольдерів, а також газового резервуара зброджування здійснюється на підставі правил безпеки в газовому уряді і правил обслуговування та експлуатації посуду. Бригада не менше двох робочих винна в охороні газового забору і газових господарських будівель, в обов'язки яких входить загальновідомий огляд околиць, що належать цій приставці, а також охорона табору супротивників. -пожежної обладнання.

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.

Коли ви бачите його в ферментере, необхідно підключити одну з газових загороджень, вставивши заглушки. Їжа в середині ферментера була винна, але

перетворилася в присутність більш пізньої вибухи без попереднього концентрування газів..

#### **4.6 Обслуговування та ремонт**

Під час роботи БСУ спостерігається велика доза Добовий захопленого свіжого гною і періодичність введення. Доза пастки - це величина неприпустимість, що залежить від типу сіроповіни, температури бродіння і концентрації сухої мови. Для установок, що використовують термофільний режим, додаткова доза заплутаного сіропіна може становити до 20% від загального обсягу заплутаного сірувіна. За годину робототехніки в мезофільному режимі невелика доза 1-5% дасть вам меншу дозу біогазу, менше дози 10-20%. Однак при високих дозах замість метану в біогазі він буде прискорюватися, а в вуглекислому газі - збільшуватися.

Для цього оптимальна доза додаткової фіксації з точки зору теплогенеруючою здатності очищеного біогазу може становити 6-10% для мезофільного режиму робота. Добовий доза винна не додається в реактор, а поступово рівними порціями через той же інтервал 4-6 разів на годину. Переважний порт сировини винен, наскільки це можливо, тому що вона винна.

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.

Залежно від типу бактерій можлива найкраща температура життя. Максимальний обсяг розширеного біогазу у псіхротрофних бактерій легко впливає на температуру + 24°, а у мезофільних бактерій - в + 35°, для термофільних бактерій - при + 56°. Тимчасово збільште температуру і не

звинувачуйте двухградусное зміна психрофільні здоров'я, одно-градусне среднетемпературное стан і 0,6 градусне термофільне стан. Банальність заквашування сіроповіни при психрофільні температурі складу становить від 30-40 і більше Діб, в разі среднетемпературной системи - від 11-22.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 слідує проводити гарячою водою, парою, гарячим піском. Забороняється відігрівати замерзлий конденсат в газопроводах паяльними лампами або використовувати для цієї мети електропідігрів.

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 5**

### **Алгоритм розрахунку конструкторно-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  $m_{CB}$ :

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

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

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

$$m_{COB} = m_{CB} * \rho_{COB},$$

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

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

$$V_{MT} = \frac{(0,7..0,9)m_{COB}t_B}{\rho_{BM}},$$

де  $t_B$  – період зброджування, днів;

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

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

$$V_{ПОЛ} = m_{COB} * n_{ЭК},$$

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

Визначаємо об'єм отриманого біогазу  $V_B$ , м<sup>3</sup>, при вибраному періоді зброджування:

$$V_B = V_{ПОЛ} \frac{n_t}{100},$$

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

Кількість біогазу за місяць:

$$V_{БГМ} = 30 * V_B,$$

Кількість біогазу за рік:

$$V_{БГГОД} = 365 * V_B,$$

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

$$V_{MT} = \frac{\pi d_B^2}{4} * h = \frac{\pi d_B^2}{4} * d_B.$$

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

## **РОЗДІЛ 6**

### **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.

## Розділ 7

### Охорона праці

Вивчення й вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов, у яких відбувається праця людини – одне з найбільш важливих завдань у розробці нових технологій і систем виробництва. Дослідження й виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяють створити безпечні й сприятливі умови для праці людини. Комфортні й безпечні умови праці – один з основних факторів, який впливає на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників. Державне, регіональне і галузеве управління охороною праці, численні наглядові і контрольні інспекції не забезпечать безпечне ведення робіт, якщо це не стане головним повсякденним завданням і моральним обов'язком для усіх без винятку – роботодавців, керівників, інженерно-технічних працівників, кожного працюючого.

Людина та її здоров'я - найбільша цінність Української держави. Держава докладає великих зусиль, створюючи умови безпечної життєдіяльності людини як в навколишньому середовищі, так і в середовищі праці.

В процесі виробництва маємо справу із біогазом, який є легкозаймистою та вибухонебезпечною речовиною, та різноманітними хімічними речовинами, що являються відходами в процесі виробництва, установками, що працюють під тиском. Тому для забезпечення безпеки потрібно строго виконувати заданий режим, неперервно слідкувати за роботою апаратури, забороняється залишати її без нагляду.

## Електробезпека

Відповідно до ПУЕ цех виробництва за небезпекою електротравм відноситься до приміщення без підвищеної небезпеки. В приміщенні застосовується трифазна чотирипровідна мережа напругою 380 В з глухозаземленою нейтраллю. У цьому випадку захисне заземлення не є досить надійним захистом щодо профілактики електротравм. Більш ефективним засобом попередження електротравм при замиканні на корпус у даному випадку вважається занулення – навмисне електричне з'єднання неструмовідних елементів електроустановки, які можуть опинитися під напругою в результаті замикання на корпус, з нульовим проводом. Система технічних засобів і заходів з електробезпеки. Основні технічні засоби і заходи що застосовуються для забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок в цеху включають: - ізоляція струмовідних частин - забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок; - недоступність струмовідних частин – застосовуються захисні огороження, закриті комутаційні апарати, неізольовані струмовідні частини розміщуються на висоті, недосяжній для ненавмисного доторкання до них інструментом, різного роду пристосуваннями, обмежується доступ сторонніх осіб в електротехнічні приміщення; - блоківки безпеки - унеможливають доступ до неізольованих струмовідних частин без попереднього зняття з них напруги, попереджують помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допускають порушення рівня електробезпеки.

- засоби орієнтації в електроустановках - дають можливість персоналу чітко орієнтуватися при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям.

В аварійному режимі діє захисне занулення та автоматичне відключення мережі. Система електрозахисних засобів. Основні електрозахисні засоби для роботи з електричним обладнанням в цеху:

- ізолювальні штанги;
- ізолювальні кліщі;
- електровимірювальні кліщі;
- покажчики напруги;
- діелектричні рукавички;
- інструмент з ізолювальним покриттям;
- діелектричне взуття;
- сигналізатори напруги;
- захисні огороження (щити, ширми);
- переносні заземлення;

Фактори, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом, поділяються на три групи: електричного характеру, неелектричного характеру і чинники виробничого середовища.

Основні чинники електричного характеру - це величина струму, що проходить крізь людину, напруга, під яку вона потрапляє, та опір її тіла, рід і частота струму.

Величина струму, що проходить крізь тіло людини, безпосередньо і найбільше впливає на тяжкість, безпосередньо і найбільше впливає на тяжкість ураження електричним струмом.

За характером дії на організм виділяють:

- відчутний струм — викликає при проходженні через організм відчутні подразнення;

- невідпускаючий струм — викликає при проходженні через організм непереборні судомні скорочення м'язів руки, в якій затиснуто провідник;

- фібриляційний струм — при проходженні через організм викликає фібриляцію серця.

Відповідно до наведеного вище:

- пороговий відчутний струм (найменше значення відчутного струму) для змінного струму частотою 50 Гц коливається в межах 0,6-1,5 мА і 5-7 мА - для постійного струму;

- пороговий невідпускаючий струм (найменше значення невідпускаючого струму) коливається в межах 10-15 мА для змінного струму і 50-80 мА - для постійного;

- пороговий фібриляційний струм (найменше значення фібриляційного струму) знаходиться в межах 100 мА для змінного струму і 300 мА для постійного.

Гранично допустимий струм, що проходить крізь тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі роботи електроустановки, не повинен перевищувати 0,3 мА для змінного струму і 1 мА для постійного.

Опір шкіри різко знижується при ушкодженні її рогового шару, наявності вологи на її поверхні, збільшенні потовиділення, забрудненні. Крім перерахованих чинників, на опір шкіри впливають щільність і площа

контактів, величина прикладеної напруги, величина струму і час його дії. Зі збільшенням величини напруги, струму і часу його дії опір шкіри, а також і тіла людини в цілому падає. Так, якщо при напрузі в декілька вольт опір тіла людини перевищує 10 000 Ом, то при напрузі 100 В він знижується до 1500 Ом, а при

напрузі більше 1000 В — до 300 Ом. Опір тіла людини залежить від її статі і віку: у жінок він менший, ніж у чоловіків, у дітей менший, ніж у дорослих, у молодих людей менший, ніж у літніх.

Спричиняється така залежність товщиною і ступенем огрубіння верхнього шару шкіри.

Чинниками виробничого середовища, які впливають на небезпеку ураження людини електричним струмом, є температура повітря в приміщенні, вологість повітря, запиленість повітря, наявність у повітрі хімічно активних домішок тощо.

Отже, електричний струм у тілі людини обумовлює перетворення поглиненої організмом електричної енергії на інші її види і призводить до згаданих наслідків.

Тривалість проходження струму через організм впливає на кінцевий результат ураження: чим довше проходження струму, тим більша можливість важкого і смертельного наслідку.

Експериментально і практично доведено, що шлях проходження струму в тілі людини відіграє суттєву роль в наслідках ураження.

Особливо небезпечним є ураження людей у тому випадку, коли людина торкається до струмопровідних пристроїв верхньою половиною тіла, де на шляху протікання струму лежать життєво важливі органи — серце, легені, головний мозок. Якщо струм проходить іншим шляхом, дія його на життєво важливі органи може бути лише рефлекторною, а не безпосередньою. При цьому небезпека ймовірності важкого ураження різко зменшується.

Рисунок 7.1 - Характерні шляхи струму в тілі людини:

- 1 — ліва рука — ноги;
- 2 — рука — рука;
- 3 — голова — ноги;
- 4 — голова — руки;
- 5 — права рука — ноги;
- 6 — нога — нога;
- 7 — голова — руки — ноги.

## Технічне оснащення БГУ

1. Насосне обладнання. Насоси використовуються для транспортування субстрату до вузлів біогазової установки та від них. Дизайн біогазової установки дозволяє отримати легкий доступ до всіх насосів. Насоси працюють за допомогою гелікоїдального зубчастого колеса. Статор оснащений бункером для оптимального заповнення насосної камери. Вузол характеризується зносостійким і надійним з'єднанням з живильним шнеком, надійної підшипникової стійкою із зімкнутим компонованням і самоцентрувальним валом приводу. Насоси мають модульне виконання, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати.

Основні та функціональні можливості подрібнювача в БГУ:

- 1) одинарні різці дозволяють ефективне подрібнення твердих матеріалів;
- 2) вали працюють на різних швидкостях для збільшення сили тертя на твердих об'єктах;
- 3) відкидний стек різців дозволяє витяг без розкриття трубопроводу;
- 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.

Насоси мають компакту будову при встановленні. Дані насоси встановлюють на біогазові установки технічний фахівець. Насоси мають термін служби 15-20 років. Для нормального функціонування раз в тиждень фахівець перевіряє на придатність дані насоси. Зазвичай процес монтажу триває протягом 2 днів оскільки потрібно встановити лише один блок замість раніше використовуваного пристрою та підключити його до системи. Власник може самостійно виконати технічне обслуговування. Він включає підтримку всього обладнання в чистоті, тоді як стан деяких технічних деталей повинен перевіряти кваліфікований технік. Бажано щороку перевіряти пристрій, щоб відстежувати потенційні проблеми, які можуть виникнути.

2. Когенераційна установка призначена для виробництва електрики і теплоти. КГУ є ефективною системою для вироблення електрики і теплоти. КГУ - це система, в якій одночасно виробляється теплота та електрика як один процес. 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 фактором вигідності.

Для встановлення данної установки бере відповідальність підприємство. Для її встановлення потрібно бригада робочих. Данна робота займає 2-3 дні. Раз в місяць фахівець проводить огляд над нею. Персонал підприємства має відповідне навчання та має відповідну кваліфікацію для експлуатації та обслуговування. У разі зупинки роботи ТЕЦ для проведення планових ремонтних робіт, виникає потреба придбання додаткового обсягу електричної енергії. Сума витрат на її придбання визначена з урахуванням прогнозованих цін (тарифів) на електричну енергію.

### **Практична частина**

Розрахувати заземлюючий пристрій для нульової точки трансформатора потужністю 60 кВА і напругою 6000/380 В у чотирьох провідній трифазній мережі з глухозаземленою нейтраллю. Заземлювач виконати з сталевих труб.

Захисним зануленням в електроустановках до 10000 В називається навмисне з'єднання частин електроустановки, що нормально не знаходяться під напругою, з глухо заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трифазного струму або з глухо заземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму.

Схема занулення елементів електрообладнання в установках до 10000В з глухо заземленою нейтраллю.

Рисунок 7.4 - Схема занулення елементів електрообладнання: 1 - захисний нульовий провідник; 2 – корпус автоматичного вимикача; 3 – корпус електродвигуна.

При пошкодженні ізоляції (замиканні фази на корпус) утворюється однофазне коротке замикання струму Струм короткого замикання (далі –к .з.), що протікає по петлі фаза-нуль, повинен привести до миттєвого відключення пошкодженої ділянки. Задача занулення полягає в утворенні найменшого опору на шляху проходження струму однофазного к.з. та створенню надійного відключення автоматичних вимикачів або запобіжників або пускачів.

Заземлюючий пристрій складається із заземлювачів та заземлювальних провідників. В якості заземлювачів використовують в першу чергу природні заземлювачі: прокладені в землі сталеві водопровідні труби, труби артезіанських скважин, сталеві броні і свинцеві оболонки силових кабелів, що прокладені в землі, металеві конструкції будівель та

споруд, що мають надійний контакт в землі, різного роду трубопроводи, що прокладені в землі. Забороняється використовувати в якості природних заземлювачів трубопроводи горючих рідин, газів, алюмінієві провідники та

кабелі, що прокладені в блоках, тунелях, каналах. Опір розтікання струму з цих заземлювачів визначається шляхом замірів.

Якщо опір природних заземлювачів недостатній, то застосовують штучні заземлювачі.

Штучні заземлювачі можуть бути з чорної сталі без покриття або з покриттям, нержавіючої сталі і міді. Матеріал, який використовується для заземлювачів і заземлювальних провідників, повинен бути електро - хімічно сумісним з матеріалом з'єднувальних та контактних елементів.

Опір одного пруткового заземлювача визначається:

$$R_{o.pr.} = 0,00227p;$$

Число вертикальних заземлювачів визначається:

$$n = R_{o.pr.} / \eta R_z;$$

Приклад, потрібно визначити кількість заземлювачів пристрою заземлення до ввідно-облікової шафи.

Приймаємо, в місці спорудження пристрою заземлення глина, вимірний питомий опір в червні місяці був  $0,4 \times 10^4$  Ом см;

Розрахунковий питомий опір:

$$p = p_{вим.} \Psi;$$

З дов. табл. приймаємо  $\Psi_2=1,8$ ;

$$p = 0,4 \times 10^4 \times 1,8 = 0,72 \times 10^4 \text{ Ом см};$$

В якості заземлювачів приймаємо пруткові заземлювачі перерізом 16мм згідно ПУЕ. Визначаємо опір одного заземлювача:

$$R_{o.пр.} = 0,00227p;$$

$$R_{o.пр.} = 0,00227 \times 0,72 \times 10^4 = 16,344 \text{ Ом};$$

Приймаємо розміщення заземлювачів в ряд з відстанню між ними 2,5м і довжиною заземлювача 2,5м, тобто  $a/l=1$ , тоді з додатку 24  $\eta=0,68$ ;

Визначаємо кількість заземлювачів, приймаючи, що опір заземлення має бути 4Ом.

$$n = 16,344 / 0,68 \times 4 = 96 \text{ шт.}$$

Довжина вертикальних заземлювачів  $-96 \times 2,5 = 2400 \text{ м}$ , горизонтальних:  
 $4 \times 2,5 = 10 \text{ м}$ .

## **ВИСНОВОК**

Технологія отримання біогазу є ефективним методом на території очисних споруд. Переваги а 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.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656
2. Справочник по проектированию электроснабжения / Под редакцией Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 576 с.
3. Соловей О.І., Денисенко М.А. Дипломне проектування для спеціальності 7.090603 «Електротехнічні системи електроспоживання». – Київ, 2007. – 140с.
4. А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок. Изд-во ТПУ, 2006-248 с.
5. Кнорринг Г.М. Справочник по проектированию электрического освещения. - Л.: Энергия, 1991.
6. Промэлектроавтоматика. Конденсаторные установки. Каталог 2012.  
<http://www.pea.ru/docs/equipment/reactive-power-compensation/low-voltage-krm/>
7. Правила улаштування електроустановок /Міненерговугілля України. - Київ-2014.
8. Кабели силовые с бумажной пропитанной и пластмассовой изоляцией. Закрытое акционерное общество «Завод «Южкабель». Каталог 2013, г.Харьков, Украина.
9. Сірій О.М., Шестеренко В.Є. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств: Навч. посібник – К.:ІСДОУ, 1993 – 592 с.

|           |      |                     |        |      |                    |                                 |      |         |
|-----------|------|---------------------|--------|------|--------------------|---------------------------------|------|---------|
|           |      |                     |        |      | <b>ДП 2021 141</b> |                                 |      |         |
| Змн       | Арк. | № докum.            | Підпис | Дата | <b>Література</b>  | Літ.                            | Арк. | Арквнів |
| Розроб.   |      |                     |        |      |                    |                                 |      |         |
| Перевішив |      | <i>Серьогін О.О</i> |        |      |                    |                                 |      |         |
| Н. Контр. |      |                     |        |      |                    |                                 |      |         |
| Затвердл  |      | <i>БалютаС.М</i>    |        |      |                    | ННІТІ ім.акад. І.С.Гулого ЕЛ4-3 |      |         |