**Бабкіна К.В.**

1. **АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД**
   1. **Розвитку технології отримання біогазу**

Біогаз виникає у наслідок розкладання органічної субстанції (надалі скорочено - органіка) бактеріями. Різні групи бактерій розкладають органічні субстрати, що складаються переважно з води, білка, жиру, вуглеводів і мінеральних речовин на їх первинні складові - вуглекислий газ, мінерали та воду. Як продукт обміну речовин при цьому утворюється суміш газів, що отримала назву біогаз. Горючий метан (СН4) становить від 5 до 85% і є основним компонентом біогазу, а значить і основним енерговмісним компонентом (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 - Склад біогазу

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Газ | Хімічна формула | Об’ємна доля, % | |
| [3] | [37] |
| Метан | СН4 | 50-75 | 40-70 |
| Вуглекислий газ | СО2 | 25-45 | 30-60 |
| Водяна пара | Н20 | 2(20оС) – 7 (40оС) | 1-5 |
| Кисень | О2 | < 2 |
| Азот | N2 | < 2 |
| Аміак | NH3 | < 1 |
| Водень | Н2 | < 1 | 0-1 |
| Сірководень | Н2S | < 1 | 0-3 |

Такий природний процес розкладання можливий лише в анаеробних умовах, тобто тільки при відсутності проникнення кисню. Цей процес розкладання називають також гниттям - його можна спостерігати в болтах, озерах, трясовинах і т.д.

Якщо в такому середовищі присутній кисень, то органіку розкладають інші бактерії; в такому випадку процес буде називатися компостуванням. Іншими природними процесами розкладання є, наприклад, горіння, переварювання або бродіння.

Енергія, що звільняється внаслідок анаеробного процесу не втрачається як тепло при компостуванні, внаслідок життєдіяльності метанових бактерій вона перетворюється в молекули метану.

Процеси гниття відомі дуже давно, вони вже відбувалися навіть тоді, коли наша атмосфера мала зовсім інший склад. Метанові бактерії належать до найдавніших і найбільш пристосованих живих істот на планеті Земля. Процеси гниття мають широке поширення: в лесі морів, річок і озер ( "блукаючий вогник") вони відбуваються так само, як і в трясовині, болотах, кулях ґрунту, куди не проникає кисень, на звалищах сміття, в лагунах, відстійниках гною, на ділянках вирощування рису і в калі жуйних парнокопитних тварин (вони виробляють близько 200 л метану в день). У воді вироблення метану помітно по бульбашках газу, що піднімається на поверхню. Залежно від місця походження, мова може йти про болотний газ, газ зі звалищ, газ стічних вод, рудний газ, газ в сільському господарстві або, як його прийнято називати, біогаз.

З будь-якої органіки в умовах відсутності кисню можна добути біогаз. Бактерії повинні лише мати достатню кількість часу, щоб впоратися з матеріалом, який складно розкладається, яким можуть бути, наприклад задерев'янілі рослини. Цей процес цілеспрямовано використовують при очищенні стічних вод, щоб розкласти органічні сполуки шкідливих речовин. Однак деякі субстрати виявилися найбільш підходящими для такого процесу. Текучі, кашоподібні і взагалі субстрати, що затримують значну кількість води, найкращим чином підходять для процесу бродіння, оскільки в них можна легко витримати анаеробні умови, в той час як матеріал з великих цільних шматків як деревина краще розкладати компостуванням або іншим шляхом.

Газ метан, що міститься в біогазової суміші, має енергетичну цінність від 10 кВт на м³ (стосовно до чистого метану) і є таким же газом, як і природний газ. Якщо суміш газів переводити в електричний струм з допомогою генератора, то при його ефективності, наприклад, 35% з 10 кВт брутто утворюється 3,5 кВт електричного струму, який можна безпосередньо подавати в мережу електричного живлення.

Енергія, отримана з біогазу, належить до відновлюваної, оскільки відбувається з органічного поновлюваного субстрату. Фактом є те, що викопні енергоносії на Землі закінчуються і існує нагальна потреба в альтернативних джерелах, що надає ще більшого значення виробництва біогазу на біогазових установках.

Крім того, енергетичне використання біогазу в порівнянні зі спалюванням природного газу, зрідженого газу, нафти та вугілля є нейтральним по відношенню до СО2, оскільки СО2, що виділяється, перебуває в межах природного кругообігу вуглецю і споживається рослинами протягом вегетаційного періоду. Таким чином, концентрація СО2 в атмосфері в порівнянні з використанням твердого палива не збільшується (рис.1.1).

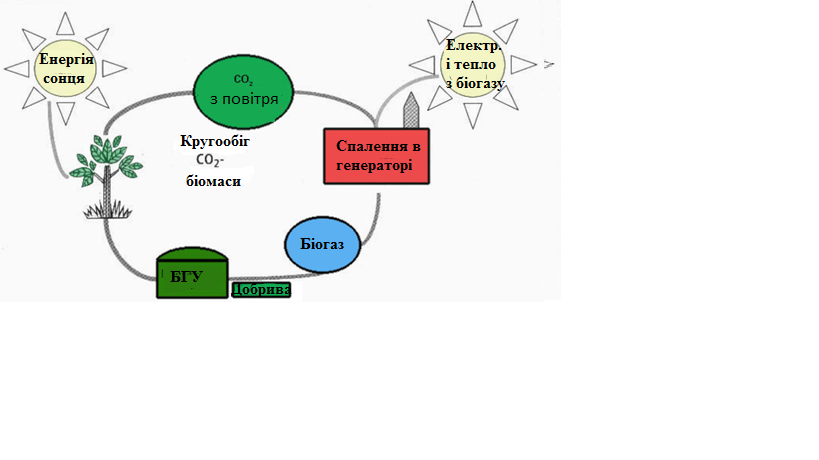


Рис. 1.1 Кругообіг СО2 органіки

Однак метан теж має свої недоліки: при попаданні в повітря він дуже повільно окислюється на двоокис вуглеводу і воду під впливом сонячних променів, озону і так званих радикалів (молекули НО-, які швидко вступають в реакцію). Метан після двоокису вуглеводу (на 50% викликає парниковий ефект) є найбільш поширеним забруднювачем повітря і на 20% викликає явище парникового ефекту. Крім того, при окисленні він споживає озон і цим самим робить свій внесок у збільшення озонової діри в стратосфері. Газовий факел, за допомогою якого в аварійних випадках спалюють газ до безпечної двоокису вуглеводу, має велике значення також з цієї причини.

До періоду індустріалізації виробництво метану і його розщеплення перебували в рівновазі. Сьогодні цей баланс значною мірою порушений: при видобутку вугілля, нафти і природного газу виділяється величезна кількість неспаленого метану в атмосферу. До цього додається ще велике кількість газу, яке виникає у всьому світі від вирощування рису і тваринництва. За останні десятиліття це привело до постійного зростання метану в атмосфері Землі. З цієї ж причини також споживання біогазу в технічних цілях має особливе значення, оскільки, таким чином, зменшується емісія метану.

Перші систематичні дослідження біогазу почав італійський натураліст Алессандро Вольта, який серед іншого займався також дослідженнями електричного струму і в честь прізвища якого названо одиницю вимірювання електричної напруги "Вольт". Вольту вдалося вловити в 1770 р. болотний газ у відкладеннях озер на півночі Італії, після чого він зайнявся проведенням дослідів зі спалювання цього газу.

Англійський фізик Фарадей експериментував також з болотним газом і ідентифікував його як вуглеводень. Тільки в 1821 р досліднику Авогадро вдалося встановити хімічну формулу метану (СН4).

Відомий французький бактеріолог Пастер в 1884 р проводив випробування з біогазом, який він виділяв з твердого і рідкого навозу. Він вперше запропонував використовувати гній з паризьких стаєнь для виробництва газу на освітлення вулиць.

Дуже потужний імпульс розвитку технології поставив процес відкриття анаеробного гниття, після того як в кінці 19 століття було зроблено відкриття, що таким чином можна очищати стічні води. У 1897 р в лікарні для хворих на проказу у місті Бомбей (Індія) побудували першу установку, газ якої використовували для освітлення, а в 1907 р для живлення двигуна для виробництво електроенергії.

У Німеччині інженер з очисних споруд Імхофф з 1906 р на території регіону Рур почав систематичне будівництво анаеробних, двоярусних установок з очищення стічних вод, які отримали назву "емшерскій колодязь" (Рис. 1.2). (Назва Емшер спочатку мала річка, утворена внаслідок меліоративних робіт на емшерскіх копанках, але потім під час інтенсивного індустріального розвитку перетворилася в стічний канал, який обслуговує велику частина регіону.)

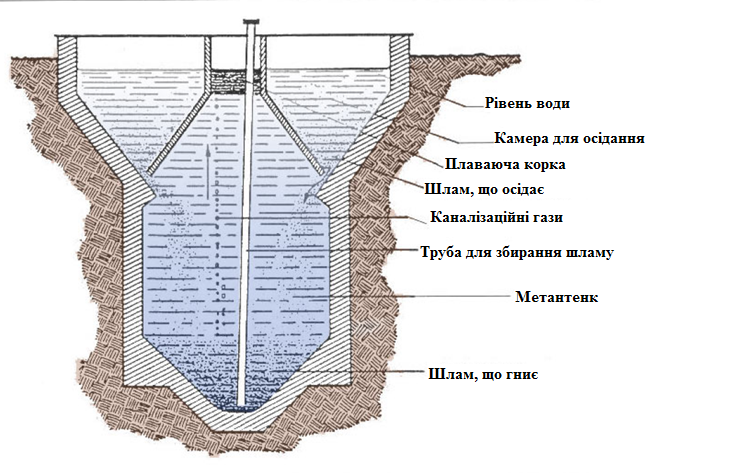


Рис.1.2 Принцип роботи "Емшерского колодязя"

На сьогоднішній день кожна очисна споруда має анаеробні етапи, вироблений каналізаційний газ від яких використовується для опалення ферментаторів або на вироблення тепла і електрики.

До початку Другої світової війни використання каналізаційних газів отримало швидке поширення. Були розроблені плаваючі дзвоноподібні газгольдери, потужні мішалки і системи опалення для прискорення процесу гниття. Продаж очисного газу для підприємств мала великий попит. У цей період істотного поширення набули експерименти по очищенню газу від води, двоокису вуглеводу і сірководню з метою його розфасовки в залізні балони і використання як палива для транспортних засобів.

Перед Другою світовою війною і протягом війни в Німеччині в зв'язку з збільшеним попитом на "газове паливо" намагалися збільшити виробництво каналізаційного газу шляхом додавання твердих органічних відходів, тобто застосовували метод, званий сьогодні коферментацією. У 1940 р в м Штутгарт вперше успішно вдалося підмішати отсепарирован жир.

З ініціативи Імхоффа у місті Халле проводилися експерименти з відходами лакричного кореня, канига, лігніном, відходами рослин і зерна. Було встановлено, що лігнін виробляє 19 л газу з кілограма сухої маси, каніга давала 158 л/кг, а лакричний корінь навіть 365 л/кг, для останнього, однак період бродіння становив 45 днів.

Дуже докладні досліди з коферментації проводив Франц Попель під час війни в Амельсфоорт (Нідерланди). Уже тоді додавали органічні залишки домашнього господарства для експериментів.

Історичний огляд розвитку технологій з виробництва біогазу наводить Шнелль в своїй праці "Біогаз, шанс, який довго упускали".

Тільки в післявоєнний час сільське господарство стало розглядатися як потенційний постачальник біогазової сировини, Імхофф в 1947 р вказував на те, що з гною від однієї корови можна зробити в сто разів більше газу, ніж з очисного шламу одного міського жителя.

Технічний університет у місті Дармштадт в 1947 р розробив біогазову установку для невеликих сільськогосподарських підприємств з горизонтальним ферментатором (тип "бродильний канал"), який отримав назву "система Дармштадт". За цим принципом Ройш побудував в Хоенштайне (федеральна земля Вюртемберг) в 1959 р - тобто більше 40 років тому - за 6000 німецьких марок (відповідно зараз 3000 євро) установку, яка здобула широку популярність (Рис. 1.3). Інші відомі типи установок були розроблені в Берліні і Мюнхені (працюють на твердому гної).

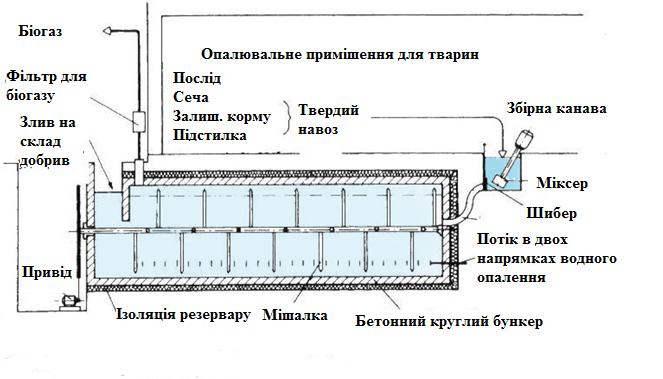


Рис. 1.3 Біогазова установка Ройш: вид у розрізі, місто Бернлох (за кресленнями Маурера)

Кураторій з питань сільськогосподарської техніки з самого початку взяв під свою опіку роботу над новою технологією виробництва біогазу і утворив робочу групу по біологічному виробництва гумусу і метану.

У 1950 р запрацювала перша велика сільськогосподарська біогазова установка в Аллерхопі недалеко від Целле (федеральна земля Нижня Саксонія) за системою Шмідта-Еггерглюса. Компанія Шмідта-Еггерглюса побудувала близько 20 установок за принципом послідовних резервуарів (Рис. 1.4).

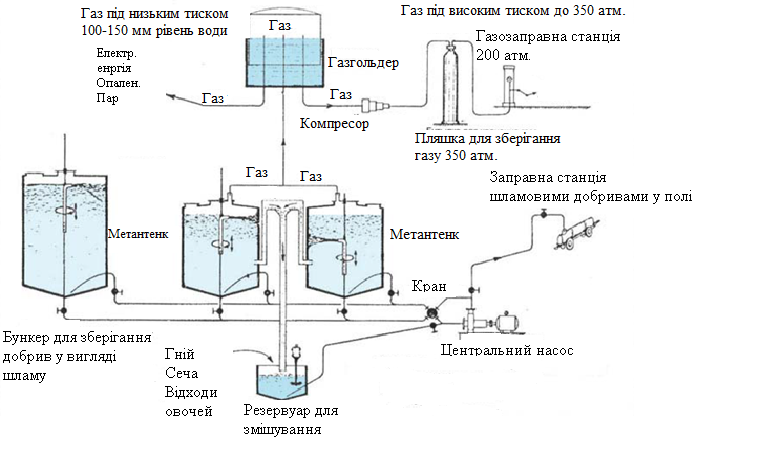


Рис. 1.4 Схема заводу з виробництва біогумусу та газу Система Шмідта-Еггерглюса

Вальтер Еггерглюс, зять Фердинанда Шмідта був одним з найвідоміших експертів з біогазу тієї епохи. Він придумав назву "бігугаз" щоб ще раз підкреслити дію бродіння добрива. У той час як добриво використовували виключно твердий гній, який змішували в резервуарі попереднього зберігання з водою і гниючим шламом, оскільки ще не існувало пристосувань для подачі рідкого гною (підлога з отворами, решітки). Загальна кількість виготовлених в 50-х рр. біогазових установок в ФРН становило близько 50, багато з них потім були закриті через низьку ефективність після нетривалої експлуатації.

У 1955 р почалася "нафтова лихоманка". Дизель коштував тоді 0,20 німецьких марок / л (0,10 євро / л) і ціни впали до 1972 р до 0,08-0,10 німецьких марок / л (0,04 - 0,05 євро / л). У той же час зросло масове споживання мінеральних добрив. Усі біогазові установки за винятком двох були зупинені, діючими залишалися тільки самостійно побудовані установки Ройш (Хоенштайн) і Шмідта-Еггерглюса на території монастиря Бенедиктинців, яка побудована в 1955 р. Остання увійшла в історію біогазової техніки.

Біогазова установка монастиря Бенедиктинців складається з 2 ферментаторних веж, однієї башти для зберігання, газометра і машинного відділення, була розрахована на 112 голів ВРХ в розрахунку на виробництво газу 86 400 м³ / рік. На момент будівництва коштувала 72 500 євро, а на її обслуговування витрачено 12.500 євро.

Біогаз використовували на кухні монастиря для приготування їжі, його надлишок переробляли за допомогою дизельного двигуна MAN на електричний струм.

Завдяки використанню технології теплообмінника, сировини у вигляді соломи і невеликому обсязі резервуара для бродіння в 1977-79 рр. вдалося досягти видобутку газу в розмірі 2,9 м³ на одиницю ВРХ / день, що вважалося дуже значним. В 1980 р експлуатація установки припинилася, оскільки монастир припинив утримувати худобу. Ця установка пропрацювала в цілому 25 років.

Другий підйом у розвитку біогазових технологій почався після нафтової кризи у 1972-1973 рр. Кураторій з питань сільськогосподарської техніки в березні 1974 р під пливом світової тенденції пошуку альтернативних джерел енергії організував професійну дискусію "Наскільки актуальним є сьогодні біогаз?", яка вже включала в себе аспекти охорони навколишнього середовища. Численні фермери, винахідники, компанії і дослідницькі інститути почали після цього інтенсивний розвиток біогазових технологій.

До цього процесу свої зусилля доклав також Еггерглус. Дуже активним був також ще один піонер біогазової сфери, який вже в 1953 р побудував біогазову установку в Унтерзонтхайме - Фріц Вебер, фермер і депутат. У 1962 р він побудував поліпшену установку в Георгенау, частково працюючу в анаеробних умовах і в ній свідомо створювалися умови для утворення плаваючої солом'яною кірки, яку в разі потреби можна було виловити грейфером.

У 1980 р в Баварії діючими були 15 установок (для порівняння на сьогоднішній день близько 1000), а в Баден-Вюртемберзі 10 установок. У виданій В. Пальці праці в 1985 р "Біогазові установки в Європі" згадувалися 75 об'єктів в Німеччині, хоча деякі з перерахованих ніколи не були добудовані. У поширенні біогазової техніки на той час була значна перевага півдня над північчю Німеччини. Більшість установок зі значним відривом (близько 80%) знаходилися в Баварії і Баден-Вюртемберзі, інші розподілялися між іншими федеральними землями. Причина такого великого поширення на півдні країни була в першу чергу пов'язано з розвитком тваринництва на великих підприємствах і активному консультуванні біогазовими експертами.

Разом з багатьма корисними розробками місце мали і негативні, як це вже відомо сьогодні: барабанний реактор, плаваючий в теплій воді, біогазові установки, розташовані під хлівами з худобою, компактна семиконтурна установка. Ці установки були помилковими шляхами розвитку.

Визначальним для цього періоду було підстроювання вже існуючої техніки і обладнання до потреб технології виробництва біогазу, як-то наприклад,. Використання доступних резервуарів для гною, використання моторних заглибних мішалок або оснащення серійними двигунами блокових генераторів.

Більшість установок було побудовано в період з 1980 до 1985 рр. Одну з найкращих і найбільш дешевих установок з розрахунку 165 євро / одиниця ВРХ власними силами побудував Йоганн Зедльмаер в Рудельцхофене. Найдорожча і найменш використана установка була встановлена на підприємстві Шрауфштеттер, (м. Ізманінг) в рамках дослідницького проекту. На відміну від першої хвилі розвитку біогазових технологій в 50-х рр., в якості сировини для установок подавали більше не твердий гній, а рідкий. На той час уже стали поширеними технології з щілинною підлогою або отворами. Це з одного боку полегшило змішування, подачу і перемішування, а з іншого боку призвело до меншого видобутку газу (розведений субстрат). За період з 1985 по 1990 рр. будівництво нових установок значно скоротилося, але не повністю. У тому, що галузь повністю не зникла, є значна заслуга об'єднання "Bundschuh Biogasgruppe", яке проводило щорічні виїзні симпозіуми, присвячені біогазовим технологіям.



Рис. 1.5 Кількість сільськогосподарських біогазових установок в Німеччині з 2002 по 2012 рр.[3]

Третя хвиля розвитку біогазових сільськогосподарських установок почалася в 1990 р завдяки законодавчому врегулюванню виплат за подачу струму з біогазу в мережі загального користування, метою якого була підтримка використання в економіці поновлюваних ресурсів. Завдяки новим законодавством у 2000 р., згідно якого передбачалося більш висока і гарантована винагорода за виробництво електроенергії з біогазу, ця хвиля пожвавлення в розвитку біогазових установок триває і до сьогоднішнього дня.

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

Цілі використання біогазової технології:

* Виробництво висококалорійної енергії
* Виробництво високоякісних добрив
* Зменшення інтенсивності запахів
* Зменшення агресивної дії
* Поліпшення показників плинності
* Зменшення забруднення повітря аміаком і метаном
* Запобігання втрати поживних речовин
* Зменшення вимивання нітратів
* Краща пристосованість до споживання рослинами
* Поліпшення здоров'я рослин
* Гігієнізації гною
* Зменшення здатності до проростання у насіння бур'янів
* Переробка органічних відходів
* Економія на витратах підключення до каналізації

Для кожного підприємства перелічені переваги можуть мати своє значення, тому можна сперечатися про пріоритетність при складанні таких таблиць.

Зменшення неприємного запаху при достатньому розкладанні субстрату є істотним аргументом для фермерів, чиї площі розташовані в густозаселених регіонах. Іноді будівництво біогазової установки взагалі стає початком збільшення розмірів ферми (збільшення кількості поголів'я худоби). Іноді неприємні запахи самі по собі є причиною демонстрацій проти будівництва біогазових установок.

З екологічної точки зору, великий інтерес для еко-підприємств надає можливість шляхом бродіння переробити азот на відповідне для зберігання речовину. Аргументом на користь будівництва біогазової установки може бути також створення робочого місця для майбутнього власника господарства. Для ферми, наприклад, може бути важливою можливість виведення своїх стічних вод в біогазову установку замість підключення дорогої каналізації.

Принципово при будівництві біогазової установки варто врахувати такі аспекти:

1. За допомогою біогазової установки можна оздоровити підприємство, яке переживає кризу. Біогазові установки, однак, можуть допомогти підтримати ефективним підприємствам залишатися такими ж ефективними.

2. Інвестиція в біогазову установку пов'язана з довгостроковим капіталовкладенням. Тому будівництво установки повинно бути добре розраховане з урахуванням перспективи.

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

4. Рентабельність установок, незважаючи на високу винагороду за вироблену енергію все одно легко втратити. Оскільки купівля електроенергії є гарантованою, крім витрат на сировину і ціни за оренду, вирішальне значення може мати і використання тепла. Тому варто розробляти концепції з високою ефективністю використання теплової енергії.

5. Метанові бактерії вимагають до себе такої самої уваги як тварини в хлівах. Це означає, що успішна експлуатація біогазової установки вимагає спеціальних знань. Саме тому варто приділяти увагу освіті і підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу, створення у нього відповідної зацікавленості.

6. Експлуатація неможлива без нагляду і проведення «профілактичних робіт».

7. При вивезені гною після установки на поля існує небезпека втрати аміаку. Тому варто використовувати спеціальну техніку з подачею на грунт через шланги.

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

* Законодавчо врегульована в рамках ЄС оплата електричного струму з біогазу і ціни на електроенергію, яка на сьогоднішній день знижується: тобто це вигідно тоді, коли власна ціна за електрику є вище ніж ціна для продажу; надалі невигідним стає подолання або згладжування "пікових періодів" споживання, які, проте, можна перекривати за допомогою біогазових установок.
* Необхідно мати гній мінімум від 100 голів ВРХ.
* Більшість самостійно виконаних робіт при будівництві допомагає знизити втрати і може істотно поліпшити рентабельність і надасть необхідні для майбутнього знання, які стануть в нагоді для усунення неполадок.
* Для установок, що працюють лише на поновлюваних ресурсах корисно мати великі власні площі для вирощування енергетичних рослин з метою уникнення ризиків, пов'язаних з ціною оренди землі. Установка, яка працює переважно на об'єкті придбання сировини або на орендованій землі, може мінімізувати ці ризики шляхом укладення довгострокових договорів про поставку і оренду.
* Якщо є можливість дешево і протягом тривалого часу отримувати відповідні продовольчі відходи, то це може значно вплинути на рентабельність установки і заощадити на покупку добрив. Рентабельність установки не повинна перебувати в залежності від надходження косубстрата або, принаймні, повинна бути гарантована довгостроковими контрактами.
* Комуни і фірми, що мають проблеми з утилізацією рідких органічних відходів, можуть їх вирішити за допомогою біогазової техніки.
* Якщо є потреба в установці резервуарів для гною, то їх з успіхом можна використовувати для виробництва біогазу.
* Фермери, які мають проблеми з емісією неприємних запахів при зберіганні і вивезені гною на поля, можуть мати більшу вигоду від біогазової установки.
* Площі сільськогосподарського застосування на територіях проведення водозабору можуть легше захиститися від попадання нітратів в ґрунтові води.

Отже, біогазові установка буде слугувати тим фермам, які працюють в секторі екологічного сільського господарства, безвідходного господарства, тривалого використання сільськогосподарських ресурсів, захисту навколишнього середовища [8].

**1.2 Розвиток технології в Україні**

З’ясуємо як розвиваються технології БГУ В україні та чи є компанії в Україні, які займаються проектуванням та спорудженням біогазових установок. В інтернеті можна знайти офіційні сайти таких компаній, як:

1. ТОВ «Екотенк» з 2007 року проводить дослідницькі роботи в області отримання біогазу і добрив з органічних відходів в біогазових установках (БГУ).

Теоретичні та практичні роботи проводяться спільно з Київським інститутом теплофізики Національної академії наук України [16] та УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого (Український науково-дослідницький інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого) [17]**.**

Для комплексного вирішення різних завдань компанія «Екотенк» має технологічних партнерів:

* В області біогазових технологій

Компанія «IHB Bioenergie GmbH»

Засновники компанії IHB Bioenergie GmbH з 1997 року працюють в області біогазу. Мають досвід в проектуванні, будівництві, введенні в експлуатацію та біологічному обслуговування понад 70 біогазових установок в Німеччині і Європі. В активі компанії всесвітньо відома установка з виробництва біогазу в Іспанії - проект «Inper».

Компанія займає лідируючу позицію по впровадженню наукових досягнень біоенергетики в виробництво.

Головне досягнення - ініціація створення майданчика «Bauernpower» (Селянська енергія), яка об'єднує гравців ринку сільського господарства і компаній застосовують енергію: сонця, води, вітру і біомаси. Цей майданчик дозволяє нам здійснювати будь-які проекти, що використовують енергію природи.

* В області аграрних технологій і с / г техніки

Корпорація «Агро-Союз» - група підприємств, які працюють на території України, Росії та Казахстану і займаються впровадженням передових технологій у сільському господарстві, поставками сільськогосподарської техніки (в тому числі власного виробництва) і вантажних автомобілів, реалізують запчастини до сільгосптехніки, запчастини до тракторів, запчастини до комбайнів, запчастини на вантажні автомобілі, забезпечують сервісне обслуговування сільгосптехніки вантажного транспорту.

* В області тепличного господарства

Компанія ТОВ «Теплиця-Нова», м.Київ - один з лідерів ринку створення сучасних сільськогосподарських тепличних комплексів [18]**.**

* В області аеробних очисних споруд

Компанія «УніЛОС-Україна» є найбільшим українським виробником установок біологічної очистки стічних вод

Приклади проектів, які були реалізовані компанією «Екотенк»:

* Дослідно-промислова біогазова установка БГУ-1, встановлена в фермерському господарстві в Слов'янську Донецької області. Щоденне завантаження біогазової установки - 50 кг свинячого навозу, вихід біогазу - 1,2 м.куб. / добу, повна автоматизація роботи (крім завантаження), реєстрація та архівування робочих параметрів на ПК у вигляді таблиць і графіків. Мета створення біогазової установки - відпрацювання режимів її експлуатації на різних видах сировини.
* Промислова біогазова установка виробництва голландської фірми «PAQUES BV». Змонтована в 2009 р на очисних спорудах ВАТ «Рубіжанський картоннотарний комбінат», місто Рубіжне Луганської області, однією з польських фірм.

Біогазова установка не працювала, поки не були запрошені фахівці «Екотенк», які зуміли в двомісячний термін підняти продуктивність біогазової установки по стокам в 5 разів, а по виходу біогазу з концентрацією метану 90% - в 30 разів, після чого біогазова установка стала, як їй і належить, виконувати функції очисної споруди [19]**.**

2. ТОВ «Агротех Консалт» - молода команда фахівців, що розвивається.

Спільно з європейськими фахівцями-технологами в галузі промислового утримання та розведення тварин і великими виробниками обладнання з Данії, Німеччини та Голландії, ТОВ «Агротех Консалт» займається розробкою проектів нового високопродуктивного свинокомплексу або птахофабрики, реконструкцією існуючих приміщень із застосуванням найсучасніших технологій промислового утримання та догляду за тваринами.

Спільно з групою німецьких компаній, фірма "Агротех Консалт" пропонує українському споживачеві ефективну утилізацію органічних відходів, рідкого та густого гною за допомогою біогазової установки.

ТОВ «Агротех Консалт» представляє в Україні спеціалізовані фірми виробників технологічного обладнання, такі як:

"FANCOM" (Голландія) - автоматичні системи мікроклімату і вентиляції.

«Fog Agroteknik A / S» (Данія) - системи самосплавного навозовидалення з приміщень свинокомплексів.

«STADIKO» (Німеччина) - устаткування для миття та дезінфекції приміщень свинокомплексів та птахо комплексів [20].

«Landia» (Данія) - високопродуктивне обладнання для рідких речовин, насоси і міксери для гною та інших в'язких субстанцій, насоси та міксери для гною [21].

«TenderFoot» (США) - системи щілинних підлог для репродукторів в свинарстві і для ВРХ (велика рогата худоба) [22].

3. Компанія LTV GmbH більше 20 років успішно працює на українському ринку, займається не тільки постачанням сільськогосподарського обладнання, а й надає послуги з розробки індивідуальних проектів, їх фінансування, сервісного обслуговування техніки, забезпечення запасними частинами, навчання персоналу.

Фірма LTV пропонує сільгоспвиробникам різне обладнання відомих європейських брендів: для переробки та зберігання зерна, обладнання для млинів і комбікормових заводів, біогазові установки, збиральну техніку, обладнання для тваринництва [23].

4. Зорг Біогаз успішно здійснює комплекс робіт з проектування, будівництва біогазових станцій, постачання біогазового обладнання та його наладки з 2007 р.

Зорг Біогаз використовує найсучасні технології біогазу: термофільні і мезофільні режими, металеві та залізобетонні реактори, одно- і багато-стадійні процеси, сухий та мокрий спосіб, ензими та інше.

Зорг Біогаз є власником ряду патентів на пристрій та спосіб одержання біогазу. Zorg Biogas є зареєстрованою європейської торговою маркою [24].

У послужному списку Зорг Біогаз налічується більше 60 біогазових проектів в 17 країнах [31].

У таблиці 2наведені об’єкти, якими займалася компанія Zorg Biogas в Україні.

Таблиця 1.2 - Перелік об’єктів Zorg Biogas в Україні [31]

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Код | Населений пункт | N ел., кВт | V метану, м3/добу | Сировина, примітки | Статус | Рік |
| 1 | UA-1 | Царедарівка, Харківська обл. | 40 | - | Навоз свинний 15 т/добу | у стадії будівництва | 2007 |
| 2 | UA-2 | Благодатне, Одеська обл. | - | 2400 | Відходи бійні 20 т/добу | проект виконано | 2007 |
| 3 | UA-3 | Митрованівка, Харківська обл.. | 100 | - | Навозні стоки свинокомплексу 44 т/добу | у стадії будівництва | 2007 |
| 4 | UA-4 | Садово, Херсонська обл. | 400 | - | Силос 30 т/добу | проект виконано | 2007 |
| 5 | UA-5 | В. Крупіль, Київська обл. | 635 | - | Навозні стоки молочної ферми 400 т/добу | завершений об’єкт | 2008 |
| 6 | UA-6 | Краснозвьоздне (Торез), Донецька обл. | 1063 | - | Суміш свинного навозу, навозу ВРХ, помету | проект виконано | 2008 |
| 7 | UA-7 | Бабин, Рівненська обл. | - | 110000 | Цукровий жом 1500 т/добу + 300 т/добу силосу | проект виконано | 2009 |
| 8 | UA-8 | Зеленогаївське, Миколаївська обл. | 125 | 21 | Силос 10 т/добу | завершений об’єкт | 2009 |
| 9 | UA-10 | Шевченково, Хмельницька обл. | 635 | - | Навоз ВРХ 120 т/добу | у стадії будівництва | 2010 |
| 10 | UA-11 | Вознесенськ, Миколаївська обл. | 400 | - | Силос 25 т/добу | проект виконано | 2010 |
| 11 | UA-12 | Овруч, Житомирська обл. | 1000 | - | Силос 60 т/добу | проект виконано | 2010 |
| 12 | UA-13 | Тхорівка, Київська обл. | 430 | 13000 | Післяспиртова барда 300 т. + силос 25 т/добу | проект виконано | 2010 |
| 13 | UA-14 | Пересадовка, Миколаївська обл. | 1360 | - | Навоз 60 т + силос 60 т/добу | у стадії будівництва | 2011 |
| 14 | UA-15 | Старе, Київська обл. | 1000 | - | Навозні стоки ВРХ 450 т/добу | проект виконано | 2011 |
| 15 | UA-16 | Луганськ, Україна | - | 3900 | Послід 60 т/добу | проект виконано | 2011 |
| 16 | UA-17 | В.Крупіль, Київська обл. | - | - | Реконструкція мішалок, системи підігріву | завершений об’єкт | 2012 |
| 17 | UA-18 | Новосілки, Волинська обл. | 550 | - | Навозні стоки свинокомплексу 160 т/добу + силос | проект виконано | 2013 |
| 18 | UA-19 | Підгорне, Дніпро | 125 | - | Стоки свинокомплексу 40 т/добу | завершений об’єкт | 2013 |
| 19 | UA-20 | Горлівка, Україна | 2126 | - | 200 т/добу твердих відходів. Сухий метод | проект виконано | 2014 |
| 20 | UA-22 | Рокитне, Україна | 2378 | - | Жом буряковий 150т + силос 100 т/добу | завершений об’єкт | 2014 |
| 21 | UA-20 | Біла Церква, Україна | - | - | Завод сухих дріжджів + аеробна очистка з біоставком | у стадії будівництва | 2014 |
| 22 | UA-23 | Тернопільська обл., Україна | 535 | 3160 | Послід 10 т, навозі свинні стоки 100т 94% вологості, силос 30 т | у стадії будівництва | 2015 |
| 23 | UA-24 | Україна | 1200 | - | Кукурузний силос | проект виконано | 2016 |
| 24 | UA-25 | Теофіполь -1, Україна | 5100 | - | Цукровий жом + навоз | завершений об’єкт | 2017 |
| 25 | UA-26 | Теофіполь-2, Україна | 10500 | - | Кукурузний силос | у стадії будівництва | 2017 |
| 26 | UA-27 | Україна | 1200 | - | Кукурузний силос | у стадії будівництва | 2017 |
| 27 | UA-28 | Ліновиця, Україна | 2400 | - | Цукровий жом, корінці, навоз | у стадії будівництва | 2017 |
| 28 | UA-29 | Україна | 1200 | - | Свинний навоз, кукурузник силос | у стадії будівництва | 2017 |
| 29 | UA-30 | Україна | 2400 | - | Цукровий жом, навоз | у стадії будівництва | 2017 |
| 30 | UA-31 | Україна | - | 17500 | Післяспиртова барда | проект виконано | 2017 |
| 31 | UA-32 | Україна | 2300 | - | Кукурузний силос | проект виконано | 2017 |
| 32 | UA-33 | Україна | 2400 | - | Змішана сировина | проект виконано | 2017 |

5. Компанія «Бітеко Біогаз», спільно з партнерами, спеціалізується на будівництві сучасних біогазових комплексів, що перетворюють енергію органічних речовин в електричну та теплову енергії, а також горючий газ (біометан), що є повним аналогом природнього газу. Компанія заснована у 2013 році, але спирається на багаторічний досвід своїх співробітників, які мають успішний досвід реалізації багатьох біогазових проектів у станах СНД, Європі та Азії. Міжнародні проекти компанії реалізуються у співпраці із закордонними партнерами.

У спектр послуг компанії входить:

- проектування та розробка технічної документації;

- будівництво;

- постачання обладнання;

- монтаж обладнання;

- пуско-налагоджувальні роботи та вивід на робочий режим;

- навчання персоналу замовника;

- реконструкція біогазових комплексів;

- оперативне управління біогазовими установками.

Проекти компанії «Бітеко Біогаз»:

* Київська область, Україна

Біогазова установка 330 кВт.

Спорудження - 1 біореактор, 3200 м³

Сировина - 50 т \ добу навоз ВРХ +8 т/добу кукурузний силос.

Замовник: ТОВ "Київ Біо Центр"

Послуги: проектуіання, авторський нагляд, постачання обладнння, пуско-налагоджувальні работи.

* Миколаївська область, Україна

Біогазова установка 400 кВт.

Споруди - 1 біореактор, 3500 м³..

Послуги: проектування, авторський нагляд, постачяння обладнання, пуско-наладка [25].

6. Компанія СКБ ВАТРА пропонує повний спектр послуг в області планування і реалізації біогазових проектів, а також сервісного обслуговування біогазових станцій на всій території України. Компанія є офіційним представником одного з піонерів біогазової галузі - німецької компанії «агріКомп» (agriKomp GmbH, Меркендорф / Німеччина), яка на протязі вже більше 15 років займається не тільки безпосередньо будівництвом біогазових станцій, а й самостійно розробляє і виробляє все основне обладнання, яке використовується в БГУ. В даний час компанія налічує понад 900 біогазових установок по всьому світу, а також власні представництва у Франції, Великобританії, Чехії, Італії, Польщі та інших країнах.

Компанія СКБ ВАТРА створена для просування на ринок України ефективних і апробованих біогазових технологій. Крім того, надає допомогу в організації фінансування та оформленні «зеленого» тарифу для продажу електроенергії [26].

7. ТзОВ «ЭНЕРГО-СТАР ЛТД» займається розробкою та виробництвом енергоефективного обладнання. Каталог продукції:

* паливні генератори та електростанції;
* сонячні електростанції та комплектуючі для сонячних систем;
* вітрові генератори;
* електротехнічне обладнання;
* кліматичні системи;
* сітлодіодне освітлення;
* промислове обладнання та інше [28].

Отже, більшість фірм, які працюють в Україні спираються на забіжний досвід. В Україні вже реалізовані проектні установки БГК, які виконують свої функції.

**1.3 Аналітичний огляд наукової літератури**

В залежності від особливостей технологічної схеми розрізняють три типи біогазових установок (БГУ):

* безперервний (проточний, квазінеприривний);
* періодичний (циклічний, система з почерговим використанням реакторів);
* акумулятивний (система з накопичення газу й шламу).

Дані схеми наведені вдодатку

1. В проточній системі свіжий субстрат завантажують у реактор безперервно або через визначені проміжки часу ( наприклад, щодобово або від 2-х до 10-ти раз на добу), видаляючи таку ж кількість збродженної маси (шлам). Завжди постійний об’єм субстрату розраховується відповідно до заданого гідравлічними розрахунками часу перебування маси в реакторі. Якщо забезпечується постійність умов виробництва, а саме подача маси, концентрацію сухої речовини і загрузку робочого простору, тобто концентрацію здатну до зародження органічної речовини при завантажені, оптимальну температуру зародження та рівномірне перемішування маси, то цей вид виробництва дозволяє отримати максимальний вихід газу при безперервному процесі газоутворенні.

2. Система з почерговим використанням реакторів характеризується преривним процесом, який протікає не менш ніж у двох однакових за розміром і формою реакторах. У випадку, наприклад, щодобового завантаження свіжого субстрату реактори при утворені певної кількості шламу почергово заповнюються свіжим субстратом й по закінченню даного терміну бродження випорожнюються так, що в них залишається тільки шлам. Оскільки при постійній кількості матеріалу, що подається в реактор, завантаження робочого простору під час процесу заповнення буде постійно знижуватися порівняно з оптимальній значенням, який відповідає вихідній кількості шламу, потенціальна продуктивність цієї системи буде використовуватися неповністю. Крім того, якщо враховувати наявність порожнього об’єму реактору під час процесу заповнення, то ця система потребує більшого робочого об’єму, ніж проточна. відповідно до американських досліджень реактор повинен буди вдвічі більшим.

Ще одна особливість розглянутої системи полягає в тому, що її не можна використовувати без газового акумулятора (газгольдера) з постійним запасом газу достатнього для заповнення вивільненого при вивантажені шламу об’єму реактора. Це потрібно для попередження попадання повітря у робочий простір реактора.

3. Акумулятивна система (система з накопичення газу й шламу) реалізується тільки з одним реактором. Реактор відіграє роль бродильної камери й накопичує шлам до моменти вивантаження у поле. Тому що реактор ніколи не випорожнюється повністю, залишок шламу служить затравкою для нової порції субстрату. При безперервній подачі свіжого субстрату постійно знижується час відведений для зародження в результаті цього газовий потенціал накопиченої в реакторі маси використовується неповністю.

На жаль, під час аналітичного огляду наукової літератури мною були помічені недоліки в схемах та формулах.

Недоліки є в схемах у підручнику «Амерханов Р.А., Драганов Б.Х.. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства: Учебник для студентов вузов по агро-инженерным специальностям. Под ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Х. Драганова. - Краснодар, 2001. – 200 с.: ил.» [1] На схемах зображені різні типи біогазових установок.

На рис. 1.6 допущено такі недоліки:

* відсутні напрямки руху газу та субстрату;
* один напрямок вказаний невірно;
* відсутня позначка виходу газу,
* відсутній підпис виходу газу;
* неправильно зображено схему газгольдера.

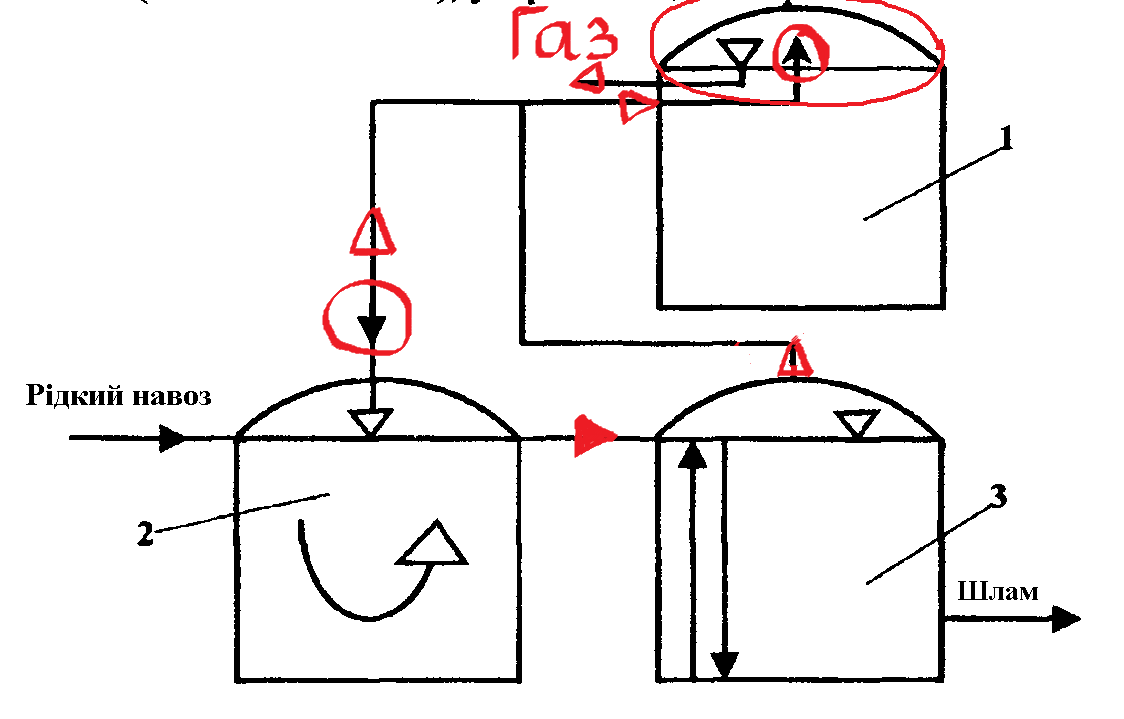
****

Рис.1.6 Безперервна (проточна) система

На рис. 1.7 допущено такі недоліки:

* у реакторах не позначена мішалка та позначки завантаження та розвантаження;
* відсутні напрямки газу і субстрату;
* розірваний напрям руху газу;
* неправильно зображено схему газгольдера.

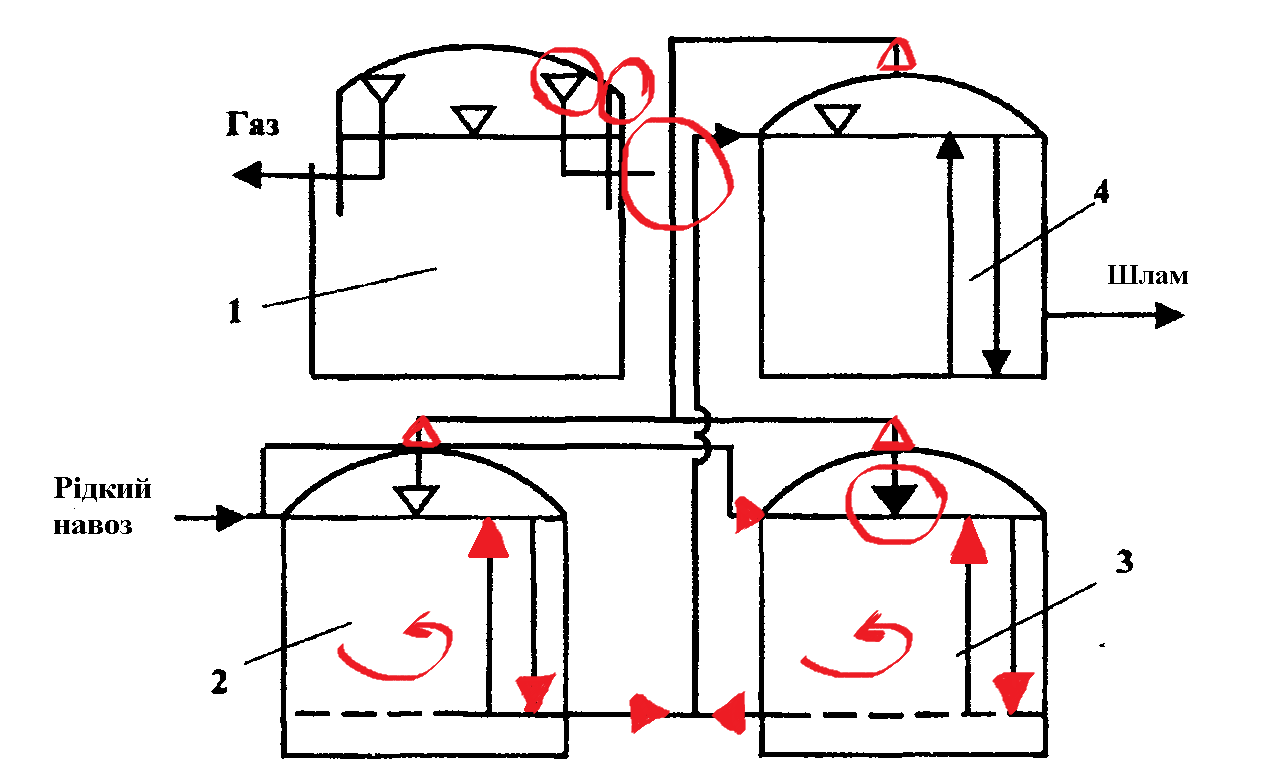
****

Рис. 1.7 Періодична система (циклічна, система з почерговим використанням реакторів)

На рис. 1.8 допущено такі недоліки:

* у реакторі не позначена мішалка та позначки завантаження та розвантаження;
* відсутні напрямки газу;
* неправильне позначення виходу газу.

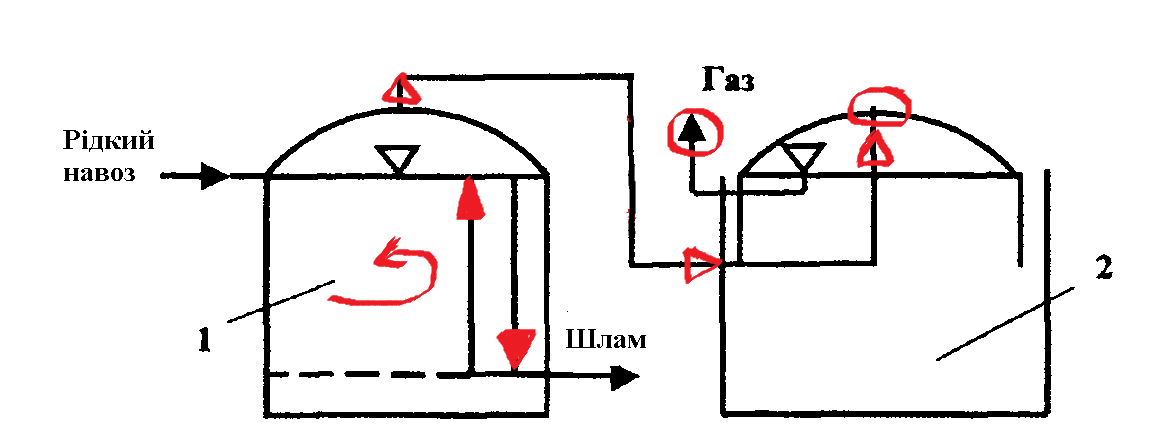
****

Рис. 1.8 Акумулятивна система (система з накопичення газу й шламу)

Під час аналітичного огляду літератури я помітила деякі розходження в формулах та позначеннях. Проаналізувавши літературу, я прийшла до висновку, що в деяких джерелах є недоліки. Помічені мною недоліки наведено в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 Недоліки, знайдені в літературі

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | | Література | Недоліки | Правильний варіант | Примітка |
| 1 | | Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: краткий курс лекций для аспирантов второго года обучения по научной специальности 35.06.04 «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» по профилю подготовки - «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» / Сост.: А.М. Эфендиев // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». - Саратов, 2014. -94 с. [6] | Объём реактора при его полной загрузке составит:  - для непрерывного цикла работы | Объём реактора при его полной загрузке составит:  - для непрерывного цикла работы  где - общая суточная маса навоза (субстрата);  ρ – плотность субстрата,  ТЦ – длительность цикла, кол-во дней | У формулі пропущено ділення маси на густину. |
| 2 | | Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: краткий курс лекций для аспирантов второго года обучения по научной специальности 35.06.04 «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» по профилю подготовки - «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» / Сост.: А.М. Эфендиев // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». - Саратов, 2014. -94 с.[6] | Для установления энергетической эффективности БГУ необходимо знание баланса распределения тепловых потоков в метантенке, Qтп и среднесуточную выработку биогаза за период брожения (за цикл) - Qбг. Уравнение теплового баланса в метантенке имеет вид:    где QП- расход тепла на подогрев биомассы до принятой температуры брожения и поддержания её в реакторе; QОС - потери теплоты в окружающую среду через стенки реактора; QМЕХ - расход энергии на перемешивание биомассы в процессе брожения. | Qтп – это потеря теплоты. Потеря теплоты рассчитывается по формуле:    где QП- расход тепла на подогрев биомассы до принятой температуры брожения и поддержания её в реакторе; QОС - потери теплоты в окружающую среду через стенки реактора; QМЕХ - расход энергии на перемешивание биомассы в процессе брожения. | Формула для розрахунку втрати теплоти підписана як рівняння теплового балансу метантенку. |
| 3 | | Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: краткий курс лекций для аспирантов второго года обучения по научной специальности 35.06.04 «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» по профилю подготовки - «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» / Сост.: А.М. Эфендиев // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». - Саратов, 2014. -94 с. [6] | Количество теплоты (МДж/сут.), которое расходуется на подогрев биомассы, загруженной в протяжении сутки, до температуры брожения (tб), определяется:  где биомассы, доведенной до влажности 90-92%;  сс –теплоёмкость загружаемой в реактор биомассы, принимаем равной теплоёмкости воды 4,19 ⋅ 10-3 , МДж/(кг⋅К);  tб – принятая температура брожения биомассы. Для мезофильного режима брожения tб = 35-37°С, для термофильного tб=55-57°С.  Теплопотери от метантенка в окружающую среду определяются по формуле    где k - коэффициент теплопередачи от биомассы,находящейся в реакторе, в окружающую среде Вт/(м2 К);  *F* - площадь наружной поверхности реактора, м2;  tо.с.- температура окружающей среды, 0С. | Количество теплоты (МДж/сут.), которое расходуется на подогрев биомассы, загруженной в протяжении сутки, до температуры брожения (tб), определяется:  где биомассы, доведенной до влажности 90-92%;  сс –теплоёмкость загружаемой в реактор биомассы, принимаем равной теплоёмкости воды 4,19 ⋅ 10-3 , МДж/(кг⋅К);  tб – принятая температура брожения биомассы. Для мезофильного режима брожения:  tб = 35-37°С = 308 - 310 К, для термофильного:  tб=55-57°С = 328 - 330 К.  Теплопотери от метантенка в окружающую среду определяются по формуле    где k - коэффициент теплопередачи от биомассы,находящейся в реакторе, в окружающую среде Вт/(м2 К);  *F* - площадь наружной поверхности реактора, м2;  tо.с.- температура окружающей среды, К. | Якщо у формулі теплоємність вимірюється в МДж/(кг⋅К), то температуру також необхідно переводити в Кельвіни, так як в одній формулі не можна щоб температура вимірювалася одночасно в 0С і К. |
| 4 | | Кузьмин, С.Н.Биоэнергетика : учебное пособие / С.Н. Кузьмин, В.И. Ляш-  ков, Ю.С. Кузьмина. - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. - 80 с. - 100 экз. - ISBN 978-5-8265-1047-6. [5] | Масса сухого вещества в навозе:    где W - влажность навоза, %. Принимаем W = 82%.  По формуле получаем  Масса сухого органического вещества    где Рс.о.в. - содержание сухого органического вещества в навозе, %. Принимаем Рсов = 22%.  По формуле получаем | Масса сухого вещества в навозе:    где W - влажность навоза, %. Принимаем W = 82%.  По формуле получаем  Масса сухого органического вещества    где Рс.о.в. - содержание сухого органического вещества в навозе, %. Принимаем Рсов = 22%.  По формуле получаем | У розрахунках сухої органічної речовини замість кілограм написано тонни. У всіх попередніх розрахунках маса розраховується в кілограмах. |
| 5 | | Кузьмин, С.Н.Биоэнергетика : учебное пособие / С.Н. Кузьмин, В.И. Ляш-  ков, Ю.С. Кузьмина. - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. - 80 с. - 100 экз. - ISBN 978-5-8265-1047-6. [5] | Выход биогаза определяется по формуле    где - суточный выход навоза; *n* - выход биогаза из субстрата, м3/т. Принимаем по табл. 9 *п* = 130 м3/т;  По формуле получаем | Выход биогаза определяется по формуле    mс.о.в. - масса сухого органического вещества; *nс.в*.- средний выход биогаза с 1 кг. сухого органического вещества.  Принимаем nс.в – 0,315 м3/кг  1137,7∙0,315 = 358,38 м3 | У формулі розрахунку виходу біогазу загальна маса субстрату помножається на табличне значення n (м3/т) – вихід біогазу із різних субстратів (табл.1. ). Постає питання: навіщо було розраховувати масу сухої органічної речовини(), якщо в останній формулі використовується загальна маса субстрату.  В інших джерелах [] для отримання виходу біогазу маса сухого органічної речовини помножається на середній вихід біогазу з 1кг сухої органічної речовини.  Можна було б допустити, що розрахунок наведений у книзі є вірним, але розрахунок за іншою формулою дає інший результат, який істотно відрізняється. Тому розрахунок, який наведено в книзі є хибним. |
| 6 | Амерханов Р.А., Драганов Б.Х.. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства: Учебник для студентов вузов по агро-инженерным специальностям. Под ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Х. Драганова. - Краснодар, 2001. – 200 с.: ил. [1] | | Выход биогаза при полном разложении (сбраживании):    где *пск* - содержание сухого органического вещества в экскрементах, % | Выход биогаза при полном разложении (сбраживании):    где *mс.о.в.*- содержание сухого органического вещества в экскрементах, кг;  *пск* - средний выход биогаза с 1 кг. сухого органического вещества ( ) | Неправильне пояснення значень у формулі. |
| 7 | Амерханов Р.А., Драганов Б.Х.. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства: Учебник для студентов вузов по агро-инженерным специальностям. Под ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Х. Драганова. - Краснодар, 2001. – 200 с.: ил. [1] | | Количество теплоты, которая расходуется на подогрев загруженной на протяжении суток биомассы до температуры процесса брожения, МДж/сутки, равно:    Температура загруженной биомассы  зависит от способа ее загрузки в метантенк. Если масса поступает непосредственно из животноводческого корпуса, то ее температура такая же, как в помещении. Если массу для сбраживания берут из хранилища для навоза, то ее температура равна температуре воздуха окружающей среды. Температура брожения зависит от принятого в проекте типа бродильного процесса; для термофильного брожения  tб = +52..+54°С; для мезофильного - tб= +32...+34°С.  Среднее значение теплоемкости субстрата:  сс = 4,18-10-3 МДж/(кг К).  Теплопотери от метантенка в окружающую среду, Вт, определяются по формуле    где *АМ* - площадь наружной поверхности метантенка, м2;  k - коэффициент теплопередачи от субстрата к окружающей среде Вт/(м2 К);  tо.с.- температура окружающей среды, град. | Количество теплоты, которая расходуется на подогрев загруженной на протяжении суток биомассы до температуры процесса брожения, МДж/сутки, равно:    Температура загруженной биомассы  зависит от способа ее загрузки в метантенк. Если масса поступает непосредственно из животноводческого корпуса, то ее температура такая же, как в помещении. Если массу для сбраживания берут из хранилища для навоза, то ее температура равна температуре воздуха окружающей среды. Температура брожения зависит от принятого в проекте типа бродильного процесса; для термофильного брожения tб =+52..+54°С= 325...327К.;  для мезофильного - tб= +32...+34°С =305..307К..  Среднее значение теплоемкости субстрата:  сс = 4,18-10-3 МДж/(кг К).  Теплопотери от метантенка в окружающую среду, Вт, определяются по формуле    где *АМ* - площадь наружной поверхности метантенка, м2;  k - коэффициент теплопередачи от субстрата к окружающей среде Вт/(м2 К);  tо.с.- температура окружающей среды, К. | Якщо у формулі теплоємність вимірюється в МДж/(кг⋅К), то температуру також необхідно переводити в Кельвіни, так як в одній формулі не можна щоб температура вимірювалася одночасно в 0С і К. |
| 8 | Амерханов Р.А., Драганов Б.Х.. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства: Учебник для студентов вузов по агро-инженерным специальностям. Под ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Х. Драганова. - Краснодар, 2001. – 200 с.: ил. [1] | | Коэффициент товарности биогазовой установки, %: | Коефициент полезного действия (КПД), в %: | Неправильне позначення формули. |

Таблиця 1.4 Вихід біогазу із різних видів субстрату [5]

|  |  |
| --- | --- |
| Субстрат | Вихід біогазу, м3/т |
| Навоз ВРХ | 60 |
| Навоз свиней | 65 |
| Пташиний послід | 130 |
| Силос кукурудзяний | 400 |
| Свіжа трава | 500 |
| Молочна сироватка | 50 |
| Зерно | 560 |
| Фруктовий жом | 70 |
| Буряковий жом | 50 |
| Меляса | 430 |
| Бурякове бадилля | 400 |
| Барда зернова | 70 |
| Барда меласна | 50 |
| Пивна дробина | 160 |
| Жир | 1300 |
| Жир з жироловок | 250 |
| Відходи бійні | 300 |
| Коренеплідні овочі | 400 |
| Технічний гліцерин | 500 |
| Рибні відходи | 300 |

**1.4 Висновки за аналітичним оглядом**

Підводячи підсумки за аналітичним оглядом можна зробити наступні висновки:

* Біогаз виникає у наслідок розкладання органічної субстанції у відсутності кисню. Енергія, що звільняється внаслідок анаеробного процесу не втрачається як тепло при компостуванні, внаслідок життєдіяльності метанових бактерій вона перетворюється в молекули метану.
* Газ метан, що міститься в біогазової суміші, має енергетичну цінність. Суміш газу за допомогою генераторної установки можна перетворити в електричний струм, який можна безпосередньо подавати в мережу електричного живлення.
* Енергія, отримана з біогазу, належить до відновлюваної, оскільки відбувається з органічного поновлюваного субстрату.
* Енергетичне використання біогазу в порівнянні зі спалюванням природного газу, зрідженого газу, нафти та вугілля є нейтральним по відношенню до вмісту СО2 в атмосфері.
* Провідною країною з розвитку біогазових установок є Німеччина, яка вела дослідження у даному напрямку ще на початку XX століття.
* В Україні також є фірми, які займаються проектування та будівництвом біогазових установок. Вони співпрацюють із зарубіжними компаніями або є представниками зарубіжних компаній.
* В залежності від особливостей технологічної схеми розрізняють три типи біогазових установок (БГУ): безперервний; періодичний, акумулятивний. Під час аналітичного огляду наукової літератури мною були помічені недоліки на даних технологічних схемах. Також були помічені недоліки у формулах.

**2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Аграрний сектор України є системоутворюючим в національній економіці, формує засади збереження суверенності держави – продовольчу та в певних межах екологічну, економічну та енергетичну безпеку, забезпечує розвиток технологічно пов’язаних галузей національної економіки та формує соціально-економічні основи розвитку сільських територій.

Важливим інструментом підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору економіки України є інноваційна модель розвитку.

У широкому сенсі агроінновація – це нововведення, які впроваджуються в аграрній сфері. Вчені пропонують різні підходи до визначення цього поняття. Так агроінновацію трактують і як системні впровадження в аграрну сферу результатів науково-дослідної роботи, що приводять до позитивних якісних та кількісних змін у характеристиці взаємозв’язків між біосферою та техносферою, а також поліпшують стан навколишнього середовища, або як результат праці, отриманий завдяки застосуванню нових наукових знань, що перетворюють процес функціонування та розвитку виробничо-господарської системи АПК в напрямі підвищення її ефективності, стійкості та системної якості відносин [12].

  Результати впровадження інновацій відображаються в збільшенні обсягу продажів, зростанні фондоозброєності та продуктивності праці, зниженні собівартості продукції, підвищенні рентабельності роботи й інших виробничо-фінансових показників діяльності аграрних підприємств, а також соціально-економічного розвитку сільських територій.

  Основною метою інновацій в аграрній сфері є забезпечення екологічності та економічності сільськогосподарського виробництва.

Впровадження розробок у виробництво, або перетворення новацій в інновації здійснюється за ініціативою суб’єктів підприємницької діяльності з метою досягнення комерційних вигод.

Сучасний стан наукового забезпечення інноваційного процесу сільськогосподарської науки дійшов до критичної межі: матеріально-технічна база науково-дослідних установ зношена, не вистачає приладів для досліджень, особливо з найбільш наукомістких напрямів, зокрема, біотехнології.

Впровадження та ринкове освоєння новацій стримується також рядом інших чинників, серед яких найвагомішими є низька платоспроможність господарств і відсутність достовірної й повної інформації про новітні вітчизняні наукові розробки в галузі сільського господарства.

Незважаючи на всі проблеми інноваційного розвитку, привабливість аграрної сфери стає дедалі помітнішою. Перед аграрною сферою відкриваються широкі перспективи у зв’язку з загрозою світової продовольчої кризи, зростанням попиту на біопальне, відсутністю можливості розширювати посівні площі й нарощувати продуктивність сільського господарства основних аграрних країн.

Саме тому для фінансового забезпечення інноваційного розвитку аграрної сфери необхідно:

⎯ сконцентрувати капітал на пріоритетних напрямах розвитку, зокрема освіті, науці, прогресивних технологіях, підприємницькій активності на ринку наукомісткої продукції;

⎯ забезпечити організацію конкурентоспроможного виробництва аграрно-продовольчої продукції, що можливо завдяки концентрації інвестицій у пріоритетних сферах, зокрема здійсненню інвестицій в розвиток людського капіталу, що є основою вироблення і впровадження нових знань організаційного, технологічного, економічного, екологічного спрямування;

⎯ переорієнтувати інвестиції в розвиток галузей сільського господарства з порівняно високою інтенсивністю виробництва, що сьогодні потребують якнайшвидшого відродження на новій техніко-технологічній основі, забезпечують створення додаткових робочих місць на селі та виробництво імпортозамінних товарів;

⎯ впроваджувати інвестиційно-інноваційні проекти будівництва промислових об’єктів з переробки енергетичних продуктів і виробництва біопального, що сприятиме випуску альтернативних видів екологічно чистого пального, утилізації надлишків виробленої сільськогосподарської продукції та проміжної продукції промислового виробництва, створенню нових робочих місць, збільшенню доходів сільського населення та надходжень до бюджету.

Розвиток інноваційної діяльності в сільському господарстві України – важливий напрям по нарощуванню конкурентних переваг, оскільки аграрна галузь економічно розвинутих країн поступово перетворюється в наукомістку галузь виробництва [11].

При вже існуючій необхідності нарощування обсягів виробництва та рівня конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції одним із перспективних напрямів розвитку аграрних підприємств України є використання інноваційних підходів до здійснення господарської діяльності в сільському господарстві.

Один із вищенаведених інноваційних підходів розглядається в даній магістерській роботі. А саме – впровадження інвестиційно-інноваційного проекту будівництва біогазової установки для переробки органічних відходів сільського господарства з метою отримання біогазу.

Переваги біогазової установки:

Тепло. В сорочці охолодження двигуна когенератора (ДВС), в якому спалюють біогаз, утворюється велика кількість гарячої води. Її температура досягає 70-80ºС. Гаряча вода подається в комунальні теплотраси традиційно використовують для обігріву житлових будинків, виробничих приміщень, для обігріву і підтримання мікроклімату в теплицях.

Електрика. Незалежний і гарантоване джерело електроенергії. Спалювання газу в двигуні внутрішнього згоряння пускає в хід вал електрогенератора, в результаті обертання утворюється електроенергія. З одного м3 біогазу можна виробити близько 2 кВт електроенергії.

Природний газ. Технічний прогрес не зупиняється. Якщо раніше це було дуже затратно і дорого, то тепер інакше. Сучасні біогазові установки все частіше оснащують модулями для повного очищення біогазу. В результаті декількох технологічних операцій вміст метану збільшується до 90%, побічні гази видаляються. Біогаз перетворився в стандартний природний газ, і його можна використовувати як зазвичай в побутових цілях (газові котли і плити ..)

Органічні добрива. Біосубстрати, після видалення з нього газу і обробки бактеріями, є екологічно чисті, рідкі органічні добрива позбавлені нітратів, насіння бур'янів, хвороботворної мікрофлори. Внесення таких добрив в грунт підвищує урожай, покращує якість землі, зменшує кількість необхідного використання мінеральних добрив.

Вирішення екологічних проблем. Утилізація органічних відходів життєдіяльності людини і тварин. Біогазові установки встановлюються на очисних спорудах стічних вод міст, в сільській місцевості на фермах, птахофабриках, м'ясокомбінатах для забезпечення енергетичної незалежності, виробництва електроенергії та теплової енергії з відходів виробництва. Економічно ефективна утилізація гною в великих кількостях найважливіший аргумент для сучасного інтенсивного сільського господарства [22].

Отже, впровадження інвестиційно-інноваційні проекту будівництва біогазової установики значно збільшити прибутковість бізнесу у сфері сільського господарства, допоможе стати підприємствам енергонезалежними з позитивним екологічним іміджем у виробництві біогазу.

**3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

**3.1 Класифікація процесів метаногенезу**

Метанова ферментація є строго анаеробної ферментацією. Процеси бродіння діляться на наступні типи:

Класифікація по температурі бродіння.

Може бути розділена на "природну" температури бродіння (ферментації змінної температури), в цьому випадку температура бродіння близько 35 ° С і процес з високою температурою бродіння (близько 53 ° С).

Класифікація по диференціальної.

За диференціальних ферментації можна розділити на одноступеневе бродіння, двоступенева бродіння і багатоступінчате бродіння.

1) одноступеневе бродіння.

Відноситься до найбільш загального типу бродіння. Це відноситься до апаратів, в яких одночасно відбувається продукування кислот і метану. Одноступінчаста бродіння може бути менш ефективно за показником БПК (Біологічному споживанню кисню) ніж дво- і багатоступінчате бродіння.

2) Двоступеневе бродіння.

Засноване на окремому бродінні кислот і метаногенних мікроорганізмів. Ці два типи мікробів мають різну фізіологію і потреба в харчуванні, існують значні відмінності в зростанні, обмінних характеристиках та інших аспектах. Двоетапне бродіння може значно підвищити дебіт біогазу і розкладання летючих жирних кислот, скоротити цикл ферментації, принести значну економію експлуатаційних витрат, ефективно видалити органічні забруднення з відходів.

3) Багатоступеневе бродіння.

Застосовується для первинної сировини багатого целюлозою в наступній послідовності:

(1) Проводять гідроліз целюлозного матеріалу в присутності кислот і лугів. Відбувається утворення глюкози.

(2) Вносять матеріал. Зазвичай це активний осад або стічні води біогазового реактора.

(3) Створюють сприятливі умови для продукування кислотних бактерій (які продукують летючі кислоти): pH = 5,7 (але не більше 6,0), температура 22°С. На цій стадії утворюються такі летючі кислоти: оцтова, пропіонова, масляна.

(4) Створюють сприятливі умови для продукування метанових бактерій: pH = 7,4-7,5, температура 36-37 ° С

Класифікація за періодичністю.

Технологія бродіння класифікується на періодичне бродіння, безперервне бродіння, напівбезперервне бродіння.

1) Періодичне бродіння.

У біогазовий реактор разово завантажують сировину і піддають його бродінню. Такий спосіб застосовують коли є труднощі і незручності завантаження первинної сировини, а також вивантаження відходів. Наприклад, неподрібнена солома або великогабаритні брикети органічних відходів.

2) Безперервне бродіння.

До нього належать випадки, коли планово кілька разів на день в біореактор завантажують сировину і видаляють ферментацій стоки.

3) Напівбезперервне бродіння.

Це відноситься до біогазових реакторів, для яких нормальним вважається час від часу нерівними кількостями додавати різну первинну сировину. Така технологічна схема найбільш часто використовується дрібними фермерськими господарствами і пов'язана з особливостями ведення сільськогосподарських робіт. Біогазові реактори напівбезперервного бродіння можуть мати різні відмінності в конструкціях [29].

Класифікація в залежності від якості субстрату.

Розрізняють «мокрий» спосіб та «сухий» спосіб.

«Мокрий» спосіб переробки органічних відходів та відновлюваної сировини в біогаз набув найбільшого поширення. Він відмінно підходить для сировини з високим вмістом вологи. При «мокрому» способі сировина розбавляється до вологості 90% і перекачується в реактори насосами. Реактори герметично закриті і працюють без доступу кисню. У процесі безперервної роботи свіжа сировина подається порціями з попереднього резервуара в нижню частину реактора. Порціями ж відводиться переброділа маса. В утепленому попередньому резервуарі і реакторі відбувається підігрів біомаси і перемішування. Матеріал усіх ємностей і реакторів є сталь з покриттям або залізобетон. У реакторі підтримується найбільш сприятлива мезофільна температура для бактерій 37-40 С. Перемішування відбувається періодично. Періодичні зупинки необхідні для того щоб маса встигла розшаруватись і з переброділою масою не відбувся злив свіжої сировини.

В реакторі працюють кілька видів бактерій (гідроліз, кислотоутворювання, метаноутворення). Мікроорганізми, що виконують роботу по бродінню відходів, вводяться в реактор один раз при першому запуску. На виході два продукти: біогаз і біодобрива. Отриманий у процесі бродіння біогаз для видалення сірки проходить через біофільтр і надходить у газгольдер низького тиску, який одночасно є куполом реактора. З газгольдера біогаз надходить на осушку і компримування. Біогаз майже повний аналог природного газу далі надходить до споживачів - котел або теплоелектростанцію. Переброджена маса являє собою біодобрива. Відпрацьована маса (біодобриво) віддаляється через верхню частину реактора через сифон. Відпрацьована маса розділяється на рідку і тверду фракцію. Рідкі біодобрива скупчуються в ємності-сховище. Тверді добрива накопичуються на майданчику під навісом. Усіма процесами керує автоматика при мінімальному контролі оператора.

Підігрів біогазового реактора ведеться за рахунок охолодження теплоелектростанції або, якщо її немає в комплекті, за рахунок спалювання частини біогазу. При цьому на свої потреби витрачається менше 10% виробленої енергії.

Біогазові станції проектуються з урахуванням кліматичних умов. Попередні резервурари і реактори мають утеплювач. Якщо дозволяє рівень ґрунтових вод, то ємності заглиблюются максимально у землю. У суворому холодному кліматі усі агрегати максимально знаходяться всередині. Матеріал газгольдерів морозостійкий.

Біогазова станція забезпечується системами безпеки-факелами для спалювання надлишків біогазу, системою блискавкозахисту.

«Сухий» спосіб.Ще недавно біогазові технології були зосереджені на «мокрій ферментації». Новітня система сухої ферментації дозволяє виробляти біогаз із твердих відходів що забруднені неорганічними включеннями. При цьому не потрібно розбавлення субстрату до стану прокачування. Сухий спосіб ферментації дозволяє зброджувати субстрати з 50% вологістю. Відходи завантажуються в ферментатор і зброджуються без доступу кисню. Постійна подача бактеріальної сировини відбувається за допомогою рециркуляції переброділого рідкого фільтрату, що розпилюється над органічними відходами в реакторі. В процесі не відбувається перемішування, перекачування або перегортання субстрату. Також свіжа сировина не подається. Надлишки фільтрату збираються через дренажну систему в ємність, а потім розпорошуються над біомасою в реакторі. Зброджування відбувається в сприятливому мезофільному режимі в діапазоні або у термофільному. Стіни і підлога реактора підігріваються.

Суха ферментація - це одностадійний циклічний метод зброджування. Етапи розкладання (гідроліз, кислотоутворення, метаноутворення) відбуваються в одному і тому ж боксі. Циклічність процесу передбачає, що під час ферментації свіжа сировина не додається і не видаляється переброджена біомаса, а субстрат бродить до кінця циклу зброджування. Реакторами являються газонепроникні бетонні камери типу "гараж", в які за допомогою фронтального завантажувача подається сировина. Кілька реакторів будуються поруч і працюють одночасно в синхронізованому режимі для забезпечення безперебійного виробництва біогазу. Температура в ізольованому ферментаторі регулюється підігріваються підлогою і стінами. Опалювальні трубки монтуються в стіни і підлогу ферментатора вчасно будівництва, тому в ферментаторі немає ніяких виступаючих елементів. Перколаціонний фільтрат додатково підігрівається теплообмінниками.

Ферментатори укомплектовані газонепроникним сталевими дверима шлюзового типу, які управляються гідравлікою. Система герметизації дверей наповнюється повітрям, як тільки двері зачиняються, таким чином, закриваючи усі можливі отвори. Перед відкриттям дверей повітря з системи герметизації випускається. Потім двері відкриваються знизу вгору, що дозволяє уникнути будь яких сутичок з завантажувачем сировини. Надувна система герметизації вбудована в краї дверей, що також унеможливлює її пошкодження. Система герметизації працює при невеликому надлишковому тиску 20 кПа, що абсолютно запобігає можливість вибуху газової суміші навіть у разі витоку. Перевагою сухого методу ферментації є відсутність перемішуючих механізмів. Немає необхідності в насосному і перемішують обладнанні. Використовуваний субстрат не потребує підготовки. Власне споживання енергії мінімальне [24].

**3.2 Вхідна сировина**

Добовий вихід біомаси визначається за формулою:

 (3.1)

де mбм.- добовий вихід біомаси, кг;

Nі - кількість на фермі тварин певної видової і вікової групи;

mi - добовий вихід гною або посліду від однієї тварини або птиці;

n - кількість груп тварин чи птахів.

У залежності від умов утримання тварин та технології прибирання до їх екскрементів додається ще певна кількість домішок: вода, залишки корму, підстилка та інше.

Аналіз складу навозу тваринницьких ферм доводить, що у ньому міститься до 20-95% технічної води ; підстилки – 12-18%; залишки корму – 8-12%; ґрунту та інших домішок до 18%. Залишки корму та підстилка впливають на сумарний вміст сухої органічної речовини у біомасі.

Добовий вихід навозу з урахуванням вмісту інших домішок (що і є вихідною сировиною для біогазової установки) визначається за формулою:

 (3.2)

де mВС – маса вихідної сировини, кг;

kп. – поправочний коефіцієнт, який враховує підстилку, залишки корму та інші домішки. kп.=1,3-1,7.

mбм.- добовий вихід біомаси, кг;

Якщо докладніше розглядати вихідну сировину, то вона складається із води та так званої сухої речовини. Суха речовина складається із органічної та неорганічної речовини (див. рис. 3.1)

Вихідна сировина (ВС)

Вода (В)

Суха речовина (СР)

Суха неорганічна речовина (СНР)

Суха органічна речовина (СОР)

Вуглеводи, які легко розкладаються та не місять азот: цукор, крохмал, глікоген, пектини, розчинні складові целюлози, лингін

Вуглеводи, які важно розкладаються:

сирі волокна, целюлоза, пентозами, лин гін, суберин, кутин

Жири:

тригли цериди, стерини, воск, каротин, органічні кислоти

Протеїн

амінокислоти, прості пептиди, бетаін

Рис. 3.1 Склад вихідної сировини

Відповідні формули:

* для сухої речовини (СР):

 (3.3)

де mCР - маса сухої речовини, кг;

mВС – маса вихідної сировини, кг;

mВ – маса води, кг.

У відсотках:

 (3.4)

* для сухої органічної речовини (СОР):

 (3.5)

де mСОР - маса сухої органічної речовини, кг;

mСР - маса сухої речовини, кг;

mСНР – маса сухої неорганічної речовини.

У відсотках:

 (3.6)

Вихідна сировина характеризується такими параметрами як зольність та вологість.

Вологість характеризує співвідношення води та сухої речовини у вихідній сировині. Розраховується за формулою:

 (3.7)

Тобто вологість – це вміст води у вихідній сировині. Наприклад, якщо вологість сировини 80%, то слід розуміти, що вихідна сировина складається на 80% із води і на 20% із сухої речовини.

Зольність характеризує співвідношення органічної та неорганічної речовини у сухій речовині. Розраховується за формулою:

 (3.8)

Тобто зольність – це вміст сухої неорганічної речовини (СНР) у сухій речовині (СР).

Знаючи перелічені величини можна розрахувати вихід біогазу за формулою:

 (3.9)

Vбг – об’єм виходу біогазу, м3;

ВС - маса вихідної сировини, кг;

wСР  – частка сухої речовини, %;

wСОР – частка сухої органічної речовини, %

Vпит. – питомий вихід біогазу, м3/кг. У середньому Vпит.= 0,3-0,5 м3/кг

**3.3 Процес утворення біогазу**

Метаногенез можна записати у вигляді загальної формули:

 (3.10)

Але ні водню, ні вуглекислого газу від самого початку немає у реакторі. Синтез метану із субстрату (у якості якого можуть слугувати тверді та рідкі відходи агропромислового комплексу) протікає у чотири фази, котрі зображено на рис 3.2.

Рис. 3.2 Продукти обміну речовин анаеробного бродіння [8]

Гідролізна фаза

Кислотоутво-рююча фаза

Фаза

Цукор, амінокислоти, жирні кислоти, воду

Сх – С6 карбонові/жирні кислоти

С5 валеріанова СН3-СН2-СН2-СН2-СООН

С4 масляна СН3 -СН2-СН2-СООН

С3 пропанова СН3- СН2-СООН

Вуглекислий газ СО2, аміак NH3, сірководень Н2S, водень Н2

Проміжні продукти анаеробного бродіння

Ацетогенна фаза

С2 оцтова кислота СН3-СООН

С1 мурашинаHCOOH

Вуглекислий газ СО2, водень Н2

Метаногенез

Метан CH4, вуглекислий газ CO2, H2S, N2, Н2О

Розглянемо ці процеси докладніше.

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

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

Ацетонегова фаза. Після цього кислотоутворюючі бактерії з органічних кислот створюють вихідні продукти для утворення метану, а саме: оцтову кислоти, двоокис вуглецю та вуглець.

Дана фаза здійснюється двома групами ацетогенних бактерій.

Перша група утворює оцтову кислоту з виділенням водню:

 (3.11)

 (3.12)

Друга група ацетогенних бактерій призводить до утворення оцтової кислоти шляхом використання водню для відновлення СО2:

 (3.13)

Метаногенез. На останньому етапі утворюється метан, двоокис вуглецю і вода як продукт життєдіяльності метанових бактерій з оцтової і мурашиної кислоти, вуглецю і водню.

 (3.14)

 (3.15)

90% всього метану виробляється на цьому етапі, 70% походить з оцтової кислоти. Таким чином, утворення оцтової кислоти (тобто 3 етап розщеплення) є фактором, що визначає швидкість утворення метану.

Метанові бактерії виключно анаеробні. Оптимальний рівень рН становить 7, при чому амплітуда температурних коливань може бути в межах 6,6-8 [8,14].

**3.3 Умови протікання процесу**

При описі умов середовища слід розрізняти мокру і твердофазну ферментацію (також називається сухою ферментацією), так як між цими технологіями існують відмінності, особливо за вмістом води та поживних речовин, а також переносу речовин. Виходячи з переважного застосування на практиці нижче буде розглядатися тільки мокра ферментація.

**3.3.1 Кисень**

Метаногенні археї є одними з найдавніших живих істот на нашій планеті, вони виникли в період від трьох до чотирьох мільярдів років тому, задовго до того як утворилася атмосфера в відомому нам сьогодні вигляді. З цієї причини ці мікроорганізми і сьогодні потребують середовищі, в якій відсутній кисень. Більшість їх видів гине навіть від незначної кількості кисню. Але, як правило, попадання кисню в реактор повністю уникнути не вдається. Причина того, що метаногенні археї не відразу зменшують свою активність або навіть повністю гинуть, полягає в тому, що вони живуть в симбіозі з поглинаючими кисень бактеріями з попередніх етапів розкладання. Деякі з них - це так звані факультативно-анаеробні бактерії. Вони можуть існувати як при наявності кисню, так і повністю без нього. Поки кисню не надто багато, вони його витрачають, перш ніж він завдасть шкоди метаногенним археям, яким необхідне середовище з повною відсутністю кисню. Тому кисень, що подається в газову камеру реактора для біологічного знесірчення також, як правило, не робить ніякого негативного впливу на утворення метану.

**3.3.2 Температура**

Вважається, що хімічні реакції проходять тим швидше, чим вище температура середовища. Але це тільки в обмеженому масштабі стосується біологічних процесів розкладання і обміну. Потрібно мати на увазі, що для мікроорганізмів, які беруть участь в процесі обміну речовин, існують різні оптимальні температури. Якщо ці оптимальні температурні діапазони не дотримуються, це може привести до пригнічення життєдіяльності відповідних мікроорганізмів і в екстремальних випадках до непоправних збитків для них.

Відповідно до температурних оптимумів мікроорганізми, які беруть участь у процесі розкладання, поділяються на три групи. Розрізняють психрофільні, мезофільні і термофільні мікроорганізми:

- Температурний оптимум для психрофільні мікроорганізмів знаходиться в діапазоні менше 25оС. При таких температурах немає необхідності в нагріванні субстратів і / або реактора, але продуктивність розкладання і обсяг отриманого газу є незначними. Тому експлуатація біогазових установок є нерентабельною.

- Переважна частина відомих метаноутворюючих бактерій має оптимум росту в мезофільному діапазоні температур від 37оС до 42оС. Установки, які працюють в мезофільному діапазоні, широко використовуються на практиці, так як в цьому температурному діапазоні досягаються відносно великі обсяги отримання газу, а також стабільність процесу.

- Якщо за допомогою гігієнізації субстрату потрібно знищувати шкідливі для здоров'я мікроорганізми або як субстрат використовуються побічні продукти або відходи, що мають високу власну температуру (наприклад, технічна вода), для зброджування рекомендується використовувати терморфільні культури. Їх оптимум знаходиться в діапазоні температур від 50оС до 60оС. У цьому випадку завдяки високій робочій температурі досягаються велика швидкість розкладання, а також зменшена в'язкість. Але потрібно враховувати, що для розігріву в ході процесу бродіння необхідно більше енергії. Процес бродіння в цьому температурному діапазоні також відрізняється більшою чутливістю до несправностей, нерівномірності подачі субстрату або режиму експлуатації реактора, так як при термофільних умовах існує менше різних видів метаногенних мікроорганізмів.

Практика в зв'язку з цим показала, що мікроорганізмам шкодить, в першу чергу, швидка зміна температури, і навпаки, метаногені мікроорганізми можуть в разі повільної зміни температури пристосуватися до різних її рівнів. Тому для стабільності технологічного процесу важлива не так абсолютна температура, як в набагато більшому ступені сталість рівня температури.

У зв'язку з цим слід сказати, що часто спостерігається на практиці ефект самонагріву. Цей ефект проявляється при використанні переважно субстратів, які містять вуглеводи, відмові від рідкої сировини, а також від добре ізольованих резервуарів. Самонагрів пояснюється тим, що окремі групи мікроорганізмів в процесі розкладання вуглеводів виділяють тепло. Це може привести до того, що при первісному мезофільному режимі експлуатації температура зросте аж до діапазону 43-48 °С. При інтенсивному аналітичному супроводі і пов'язаному з цим регулюванням процесу зміна температури може призвести до короткочасних, незначних падінь обсягу одержуваного газу. Але якщо не вживати необхідне втручання в процес, мікроорганізми не зможуть пристосуватися до зміни температури і в найбільш несприятливому випадку отримання газу буде зведено до нуля.

**3.3.3 Показник pH**

Ситуація з показником рН схожа на ситуацію з температурою. Мікроорганізми, які беруть участь в різних етапах процесу, потребують різних показників pH, щоб оптимально рости. Так, оптимум для гідролізуючих і окислюючих бактерій знаходиться в діапазоні pH від 5,2 до 6,3. Але вони не жорстко прив'язані до цього діапазону і можуть переробляти субстрат при незначному збільшенні показників pH. Внаслідок цього лише незначно знижується їх активність. І навпаки, бактеріям, які створюють оцтову кислоту, і метаногенним археям обов'язково потрібен показник pH в нейтральному діапазоні від 6,5 до 8. Отже, якщо бродіння відбувається тільки в одному реакторі, повинен дотримуватися цей діапазон pH.

Незалежно від того, чи є процес одно- або багатоетапним, показник pH в системі встановлюється автоматично під впливом лужних і кислих продуктів обміну речовин, які утворюються під час анаеробного розкладання. Але наскільки ця рівновага чутлива, показує наступна ланцюгова реакція.

Якщо в процес подається, наприклад, за короткий час дуже багато органічної маси або утворення метану сповільнюється з іншої причини, то збагачуються кислі продукти обміну речовин кислотогенезу. В нормальному випадку показник pH знаходиться в нейтральному діапазоні внаслідок впливу карбонатного і аміачного буфера. Якщо буферна ємність системи виснажена, тобто накопичилося занадто багато органічних кислот, показник pH падає. Внаслідок цього знову посилюється гальмівний вплив сірководню і пропанової кислоти, так що через найкоротший час може статися "перекидання" реактора. З іншого боку, показник pH може зрости, якщо внаслідок розкладання органічних азотних сполук буде звільнятися аміак, з якого в результаті реакції з водою утворюється амоній. Внаслідок цього посилюється гальмівний вплив аміаку. Але що стосується контролю за процесом, потрібно враховувати, що показник pH внаслідок своєї інерційності може бути використаний для управління установкою лише відносно, але вимірювати його в зв'язку з його великим значенням слід постійно.

**3.3.4 Забезпечення поживними речовинами**

Кожен вид мікроорганізмів анаеробного розкладання відрізняється специфічною потребою в макроречовинах, мікроелементах і вітамінах. Концентрація і доступність цих компонентів впливають на швидкість росту і активність різних популяцій. Існують мінімальні і максимальні концентрації, які відрізняються в залежності від видів мікроорганізмів. Визначення цих концентрації ускладнене різноманіттям культур та яскраво вираженою адитивною здатністю. Щоб отримати із субстрату якомога більше метану, необхідно забезпечити оптимальне постачання поживних речовин для мікроорганізмів. В підсумку, скільки метану можна отримати із субстрату, визначається вмістом у ньому білків, жирів та вуглеводів. Ці чинники в рівній мірі впливають на питому потребу в поживних речовинах.

Для стабільності процесу необхідно врівноважене співвідношення поживних макроречовин та мікроелементів. У першу чергу необхідним є вуглець. Після вуглецю потрібен азот. Він потрібен для утворення ензимів, які ведуть обмін речовин. Тому співвідношення С/N є дуже важливим. Якщо дане співвідношення занадто велике (багато С та мало N), унаслідок недостатнього обміну речовин присутній вуглець не може повністю перероблятися, так що отримується не максимально можливий об’єм метану. У іншому випадку через надлишок азоту може утворюватися занадто багато аміаку (NH3), який навіть у невеликих концентраціях сповільнює ріст бактерій і навіть може призвести до повної загибелі всієї популяції мікроорганізмів.

Також важливими поживними речовинами є фосфор та сірка. Сірка є складовою частиною амінокислот, а фосфорні сполуки необхідні для утворення джерел енергії АТФ (аденозинтрифосфат) та НАДФ (нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат). Для достатнього забезпечення мікроорганізмів поживними речовинами співвідношення C : N : P : S у реакторі повинно складати 600 : 15 : 5 : 3.

Поряд з поживними макроречовинами для мікроорганізмів життєво необхідним є достатня кількість деяких мікроелементів. На більшості сільськогосподарських біогазових установках необхідність у поживних мікроелементах, як правило, покривається при використанні екскрементів тварин. У випадку моно бродіння рослин мікроорганізмам дуже часто не вистачає мікроелементів. Метаногенним археям потрібен кобальт (Со), нікель (Ni), молібден (Mo) та селен (Se), а також вольфрам (W). Ni, Со та Mo входять до кофакторів реакцій обміну речовин. Крім того, важливими поживними мікроелементами є магній (Mg), залізо (Fe) та марганець (Mn), які необхідні для транспортування електронів та функціонування деяких ензимів.

Тому концентрація мікроелементів у реакторі є важливим контрольним показником. Якщо в зв'язку з цим порівняти різні літературні джерела, то передусім звертає на себе увагу дуже великий розмах варіацій, які вважаються незамінними концентраціями мікроелементів.

Таблиця 3.3. Сприятливі концентрації мікроелементів з різних літературних джерел

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Мікроелемент | Інтервал концентрацій (мг/л) | | | |
|  |  | \* | \*\* |
| Со | 0,003-0,06 | 0,003-10 | 0,06 | 0,12 |
| Ni | 0,005-0,5 | 0,005-15 | 0,006 | 0,015 |
| Se | 0,08 | 0,08-0,2 | 0,008 | 0,018 |
| Mo | 0,005-0,05 | 0,005-0,2 | 0,05 | 0,15 |
| Mn | дані відсутні | 0,005-50 | 0,005-50 | дані відсутні |
| Fe | 1-10 | 0,1-10 | 1-10 | дані відсутні |

\*Абсолютна мінімальна концентрація на біогазових установках

\*\* Рекомендована оптимальна концентрація

Наведені в таблиці 3інтервали концентрацій можуть використовуватися для сільськогосподарських біогазових установок лише відносно, так як дослідження у наведених джерелах проводили зі стічними водами за різних вхідних умов, методи дослідження також були різними. Крім того, діапазони є дуже великими і майже не вказані технологічні умови (наприклад, об’ємне навантаження, час перебування і т. д.). Мікроелементи у реакторі можуть вступати у важкорозчинні сполуки із вільним фосфором, сульфідом та карбонатом та ставати недоступними для мікроорганізмів. Тому аналіз концентрацій мікроелементів у сировині, що розкладається, не може дати надійних даних щодо доступності мікроелементів. Визначається виключно загальна концентрація. З цієї причини в процес повинні подаватися обсяги мікроелементів, які перевищують необхідні концентрації. При визначенні потреби потрібно завжди враховувати концентрацію мікроелементів всіх субстратів. З аналізу вмісту мікроелементів різних кормів відомо, що можливі істотні коливання діапазону. Через це дуже важко виробляти оптимальне дозування мікроелементів.

У разі зміни дозування мікроелементів спочатку слід визначити вміст поживних мікроелементів у реакторі, щоб запобігти їх передозування. Вона може привести до того, що концентрація важких металів в залишках зброджування перевищить допустиме для сільського господарства граничне значення, так що його не можна буде використовувати як органічне добриво.

**3.3.5 Інгібітори**

Якщо обсяг одержуваного газу зменшено або процес пов'язаний з уповільненням, у цього можуть бути різні причини. Це, з одного боку, може бути пов'язано з технологічними причинами. З іншого боку, процес може сповільнюватися під впливом інгібіторів. Це речовини, які при певних обставинах уже в невеликих обсягах можуть зменшити продуктивність розкладання і / або при токсичних концентраціях зупинити процес розкладання повністю. Слід розрізняти інгібітори, які потрапляють в реактор разом з субстратами, і такі, які утворюються в якості проміжних речовин на окремих етапах розкладання.

При "годуванні" реактора потрібно пам'ятати про те, що надмірна подача субстрату також може уповільнити процес бродіння, тому що будь-який компонент субстрату занадто великої концентрації може завдати шкоди бактеріям. Це особливо стосується таких субстанцій як антибіотики, дезінфікуючі засоби або розчинники, гербіциди, солі або важкі метали, які вже в незначних концентраціях можуть уповільнити процес розкладання. Антибіотики, як правило, потрапляють в реактор разом з добривами або тваринними жирами, при чому уповільнюючий вплив окремих антибіотиків є дуже різним. Але також незамінні мікроелементи в занадто високих концентраціях можуть бути токсичними для мікроорганізмів. Так як мікроорганізми в певній мірі можуть адаптуватися до таких речовин, концентрацію, починаючи з якої речовина стає шкідливою, визначити важко. До того ж деякі інгібітори взаємодіють з іншими речовинами. Так, важкі метали є шкідливими для процесу бродіння тільки в тому випадку, якщо знаходяться в розчиненій формі. Але вони зв'язуються сірководнем, який також утворюється в ході процесу бродіння, і осідають у вигляді важко розчинних сульфідів. Так як при метановому бродінні практично завжди утворюється H2S, порушення процесу під впливом важких металів, як правило, не очікується. Це не стосується сполук міді, які внаслідок їх антибактеріальної дії є токсичними вже в малих концентраціях (40-50 мг / л) і можуть потрапляти в господарський обіг сільськогосподарських підприємств, наприклад, унаслідок дезінфекції копит тварин.

Під час процесу бродіння утворюється ряд речовин, які можуть уповільнювати його. Але в зв'язку з цим слід ще раз вказати на високу адаптивність бактерій, через яку не можна говорити про загальні абсолютні межі. Зокрема, неіоногенний, вільний аміак (NH3), вже в незначних концентраціях згубно впливає на бактерії, який знаходиться в рівновазі з концентрацією амонію (NH4+) (при цьому аміак в результаті реакції з водою дає амоній і іон OH і навпаки). Це означає, що при зростаючому основному показнику pH, тобто при збільшенні концентрації іонів ОH, рівновага зміщується і концентрація аміаку збільшується. Наприклад, зростання показника pH з 6,5 до 8,0 веде до збільшення концентрації вільного аміаку в 30 разів. Також при зростанні температури в реакторі відбувається зміщення рівноваги в напрямку інгібуючого аміаку. Для системи бродіння, що не адаптована до високих концентрацій азоту, інгібуючий поріг знаходиться в діапазоні 80-250 мг/л NH3. Залежно від показника pH і температури бродіння це відповідає концентції амонію в 1,7-4 г/л. Як показує досвід, при загальній концентрації амонійного азоту в 3000-3500 мг/л вже розпочинається інгібуючий вплив азоту на процес утворення біогазу.

Ще одним продуктом процесу бродіння є сірководень (Н2S), який в недисоційованій, розчиненій формі являє собою клітинну отруту і може уповільнювати процес розкладання вже в концентраціях 50 мг/л. При падінні показника pH збільшується частка вільного Н2S, внаслідок чого зростає небезпека пригнічення. Зміст Н2S можна зменшити за допомогою осадження за допомогою іонів заліза у вигляді сульфіду. Н2S вступає в реакцію також з іншими важкими металами, зв'язується і осідає з утворенням іонів сульфіду (S2). Але сірка, як уже згадано, також є важливою поживною макроречовиною, яка має бути доступна в достатній концентрації для утворення ензимів, так що занадто сильне осадження у вигляді сульфіду також може привести до пригнічення метаногенезу [7].

Перелік інгібіторів наведено в таблиці 3.4

Таблиця 3.4Інгібітори анаеробних процесів розкладання та їх шкідливі концентрації

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Інгібітор | Інгібіруюча концентрація | Примітка |
| Кисень | > 0,1 мг/л | Інгібування анаеробних метанових бактерій |
| Сірководень | > 50 мг/л H2S | Інгібуючий ефект посилюється зі зниженням показника pH |
| Леткі жирні кислоти | > 2 000 мг/л НАс (pH =7,0) | Інгібуючий ефект посилюється зі зниженням показника pH.  Висока адаптивна здатність бактерій. |
| Амонійний азот | > 3 500 мг/л NH4+  (pH =7,0) | Інгібуючий ефект посилюється із збільшенням показника pH і збільшенням температури.  Висока адаптивна здатність бактерій. |
| Важкі метали | Cu > 50 мг/л  Zn > 150 мг/л  Cr > 100 мг/л | Тільки розчинні метали мають інгібуючий вплив. Детоксикація шляхом осадження сульфіду |
| Дезинфікуючі речовини  Антибіотики | дані відсутні | Інгібуючий вплив залежить від продукту |

Отже, інгібуюча дія окремих речовин залежить від багатьох факторів і визначити точні граничні значення дуже важко.

**3.4 Опис технологічної системи**

Принцип роботи біогазової установки передбачає максимальну автоматизацію та зведення до мінімуму витрат людської праці. Відходи надходять до приймального резервуару (1). У ньому до субстрату додаються коферменти та технологічна вода. У приймальному резервуарі розташована мішалка, яка перемішує субстрат. Далі субстрат насосом перекачується до гідролізеру для ретельного перемішування (2). Подача сировини в ферментатор(4) відбувається 4-6 разів на добу за допомогою спеціального насоса для рідких і драглистих субстратів (3).

Корпус ферментатора (резервуара) як правило виготовляють або з бетону, або зі сталі, хоча можливо і застосування інших будівельних матеріалів. Перевага бетону полягає у тому, що він може витримувати великі статичні і динамічні навантаження важкого обладнання, для залізних агрегатів необхідно ставити ще додаткові опори або кріплення. Перевагою заліза є те, що резервуар і оснащення частково можна підготувати заздалегідь, що при певних обставинах може скоротити час будівництва. Залізні резервуари проектуються тільки наземно, бетонні резервуари можна також занурювати в землю.

Корпус резервуару ізольований та оснащений достатньою кількістю стоків і великими люками для чищення та ремонтно-профілактичних робіт.

Вивантаження субстрату із ферментатора до доброджувача (5) відбувається автоматично з такою ж періодичністю, як і завантаження. Біогаз, що виділяється під час процесу зародження направляється з ферментатора та доброджувача до газгольдера (6), де йде його накопичення. З газгольдера газ проходить через фільтр (7), де очищується від домішок до електрогенераторної установки (9). Щоб попередити надмірне надходження біогазу до електрогенератора та запобігти його руйнуванню або запобігти переповнення газгольдера, надлишки біогазу та горючі домішки спалюються на факелі (8). У блоку електрогенератора розташовані електрогенератор, система вентиляції, системи аварійного охолодження та комунікації для транспортування електроенергії. Також вона обладнана системами автоматизованого керування.

**4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА**

**4.1 Розрахунок об’єму реактора БГУ**

Основними технологічними показниками при розрахунку виходу біогазу є :

* добовий вихід біомаси;
* вміст сухої речовини у вихідній сировині;
* вміст сухої органічної речовини у вихідній сировині;

Добовий вихід біомаси для зброджування у метантенку визначається за формулою:

 (4.1)

де Nі - кількість тварин даної вікової та видової групи, які є на фермі;

mi - добовий вихід навозу від однієї тварини, кг;

n - кількість груп тварин.

На ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський»» міститься 8000 свиноматок, тобто N=8000 [27].

Відповідно до таблиці 7.1 [1, стр. 96] приймаємо середнє значення добової кількості екскрементів однієї свиноматки ≈ 10кг/добу.

Відповідно до формули отримуємо:



Добовий вихід навозу з урахуванням вмісту інших домішок (залишків корму, підстилки та інше) розраховується за формулою:

  (4.2)

де Кп - поправочний коефіцієнт, який враховує підстилку та залишки корму. Зазвичай Кп = 1,3 ... 1,6.

Так як свиноматки містяться у спеціалізованих групових станках, які мають залізобетонну решіткову підлогу з системою навозовидалення приймаємо, то Кп = 1,3.

Відповідно до формули отримуємо:

Маса сухої речовини у навозі:

 (4.3)

де W – вологість навозу, %

Вологість для свіжого навозу = 90-95%, для навозної маси через 3-5 добового збору W = 80-85%, через тиждень у бурті на відкритому повітрі W = 65-70%.

Оскільки навозовидалення відбувається щоденно, то прийнятний інтервал вологості = 90-95%.

Згідно з таблицею 2 [2, стр. 10], якщо процентний вміст у вологій масі сухої речовини дорівнює 8,5%, то відповідно W=91,5%.

Відповідно до формули отримуємо:



Перевірка. Якби ми одразу помножили масу загального добового виходу навозу на процентний вміст у вологій масі сухої речовини, то отримали це значення.



Маса сухої органічної речовини:

 (4.4)

де  - вміст сухої органічної речовини, %

Відповідно до таблиці 7.4 [1, стр. 97] приймаємо = 80%, тоді:



Вихід біогазу при повному зброджувані:

 (4.5)

де - середній вихід біогазу з 1 кг сухої органічної речовини. . Приймаємо 

Тоді:



Вихід біогазу при неповному зброджуванні:

 (4.6)

де  - ступінь зброджування субстрату, =60-70%

Тоді:



Для зброджування вологість доводимо до 92%. Щоб збільшити вологість біомаси на 1%, 1т навозу потрібно додати 100л води. При доведені вологості щодобового загального виходу навозу із 91,5% до 92% вага маси навозу складе:



Найбільш ефективним вважається БГУ з поточним або неперервним завантаження субстрату, тому й обираємо установку за таким способом завантаження.

Об’єм реактора з поточним способом завантаження:

 (4.7)

де ρ – густина навозу, кг/м3;

Тц – тривалість циклу зародження, кількість днів.

Слід пам’ятати, що в процесі зародження суха маса значно розбухає. Тому в реакторі над субстратом повинно залишатися достатньо вільного об’єму для розбухання сировини та газів, які постійно виділяються. Повний об’єм реактора розраховуються із врахуванням коефіцієнта завантаження реактора - Кз:

 (4.8)

Враховуючи те, що вологість добового виходу навозу 91,5% та для доведення до 92% ми додавали 5200 л води, то:



Виходячи із необхідного об’єму для даної сировини, реалізованих проектів компанії ZORG (Німеччина) та перспективи розвитку ПрАТ «Агрокомбінату «Слобожанський»» обираємо об’єм 2400 м3.

**4.2 Тепловий розрахунок реактора**

Для встановлення енергетичної ефективності БГУ необхідним є розрахунок розповсюдження теплових потоків у метантенку, таких як: втрати теплоти (), середньодобовий вихід біогазу за період збродження (за цикл) ().

Втрата теплоти () розраховується за формулою:

 (4.9)

де - втрати теплоти, Дж/добу;

- втрати тепла на нагрів біомаси до прийнятної температури зародження та підтримання її у реакторі, Дж/добу;

- втрати теплоти у навколишнє середовище через стінки реактора, Дж/добу;

- втрати енергії на перемішування субстрату у процесі бродіння, Дж/добу.

Кількість теплоти, яка витрачається на підігрів завантаженої протягом доби біомаси до температури збродження визначається за формулою:

 (4.10)

де, - добове завантаження біомаси, вологість якої доведена до 92%;

- теплоємність завантаженої біомаси (приймається рівній теплоємності води) МДж/кг∙К;

 - прийнята температура збродження біомаси, К;

- температура завантаженої біомаси, К.

Для термофільного процесу збродження:

,



Отже:



Тепловтрати від метантенку у навколишнє визначається за формулою:

 (4.11)

де, К – коефіцієнт теплопередачі від субстрату, який знаходиться у реакторі, до навколишнього середовища, Вт/м2∙К;

F - площа зовнішньої поверхні реактора, м2;

tН.С. – температура навколишнього середовища, К.

Для циліндричних реакторів, приймаючи співвідношення висоти до діаметру H/D = 0,9…1,3 = ϕ, за Vр можна визначити F.

Приймаємо

 (4.12)

Площа повної поверхні циліндра дорівнює сумі площ бокової поверхні циліндра та подвоєної площі основи:

 (4.13)

Площа бокової поверхні циліндра дорівнює добутку периметру його основи на висоту.

Формула для обчислення площі бокової поверхні циліндра:

 (4.14)

Площа основи розраховується за формулою:

 (4.15)

Так як циліндр має дві основи, тоді:

 (4.16)

Отже, формула для обчислення площі повної поверхні циліндра має вигляд[35]:

 (4.17)

Так як у розрахунках ми використовуємо діаметр D = 2R, (R = D/2)

 (4.18)

 (4.19)

 (4.20)

Із співвідношення (4.12):

 (4.21)

Тоді:

 (4.22)

При ϕ = 1,2:

 (4.23)

Об’єм циліндра рівний добутку площі його основи на висоту. Формула об’єму циліндра [36]:

 (4.24)

При D = 2R, (R = D/2):

 (4.25)

При 

 (4.26)

З формули (4.26) виводимо D:

 (4.27)

Тоді формула (4.23) приймає вигляд:

 (4.28)

Площа повної поверхні циліндра реактора:



Основні параметри:

D = 13,66 м

H = 1,2 ∙ 13,66 = 16,39 м

Коефіцієнт тепловіддачі від біомаси до навколишнього середовища, визначається за формулою:

 (4.29)

де, αв та αз  - коефіцієнт теплообміну на внутрішній та зовнішній поверхні метантенка, Вт/(м2•К);

 - сума коефіцієнтів забруднення поверхні сталі та теплоізоляції.

.

Враховуючи, що швидкість переміщення біомаси під час її механічного змішування незначна ( 0,5..1 м/хв..) можна вважати, що процес теплообміну на внутрішній поверхні метантенка проходить при умовах вільної конвекції. Теж саме можна прийняти для теплообміну від зовнішньої поверхні теплоізоляції до навколишнього середовища (у землю, повітря, теплоізоляційний шар).

Визначаємо коефіцієнт теплообміну зі сторони біомаси (чи води у водяній рубашці) за спрощеною формулою Нуссельта:

 (4.30)

де, H – висота реактора, м.

 - емпірична величина, яка визначається за формулою:

 (4.31)

де, tб – температура біомаси в реакторі, чи води в системі обігріву, tб=328 К



Δt - різниця температур біомаси та внутрішньої поверхні реактора. Визначаємо за формулою:

 (4.32)

Враховуючи, що температура зовнішньої поверхні обичайки реактора й біомаси (води в системі обігріву) майже не відрізняються від внутрішньої поверхні зовнішній обичайки tст1 приймаємо tст1=327,5 К ( за системою обігріву у водяній рубашці).



Повертаємося до формули Нуссельта (4.30):



Після розрахунків  та αв знаходимо орієнтовну температуру стінки з зовнішньої сторони ( з боку землі чи ізоляції) за формулою:

 (4.33)

де,  - товщина стінки реактора. Для нашого сталевого =5 мм;

 - коефіцієнт теплопровідності матеріалу, для сталі =40 ккал/м2·год·К;

 - коефіцієнт забрудненості поверхні. Для сталевої поверхні, що вкрита бітумом ;

q – тепловий потік, Вт/м2 , що визначається за формулою:

 (4.34)

Визначаємо тепловий потік за формулою (4.34) :



Маючі усі необхідні дані переходимо до визначення tст2 за формулою (3.33):



Щоб розрахувати коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ізоляції до навколишнього повітря та землі αз необхідно визначити tст3. Тобто температуру зовнішньої поверхні ізоляції, що визначається за формулою:

 (4.35)

де, Δtізол. – тепловий супротив ізоляції, який визначається за формулою:

 (4.36)

Визначаємо супротив ізоляції:



За формулою (4.35) розраховуємо tст3:



Визначаємо коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні метантенка за формулою:

 (4.37)

де, Vвіт – швидкість вітру,що діє на метантенк. Беремо середньорічну швидкість вітру у Харківській області Vвіт = 4м/с [9].



Маючи усі необхідні дані повертаємося до розрахунків коефіцієнта тепловіддачі від біомаси до навколишнього середовища (4.29):



Оскільки ми маємо усі необхідні дані, то переходимо до розрахунку -втрати теплоти у навколишнє середовище через стінки реактора (4.11):



tН.С=7 оС = 280 К – середньорічна температура у Харківській області [13].

Витрати енергії на перемішування біомаси в реакторі визначають за формулою:

 (4.38)

де, qнорм. – питоме навантаження на механічний змішувач, qнорм=65Вт/м3·год;

Vз.с.р. – об’єм заповненого субстратом реактора, Vз.с.р.==1902 м3;

tz – тривалість роботи змішувача, що визначається за формулою:

 (4.39)

де,  - тривалість перемішування за один раз, =5 хв.;

 - число перемішувань, = 12 раз.

Повертаємося до формули:



Маючи усі необхідні дані повертаємося до розрахунків витрат енергії на змішування за формулою (4.38):



Визначивши усі необхідні проміжні дані переходимо до розрахунків втрат теплоти в метантенку за формулою (4.9):



Теплова енергія, що виділяється з біогазу за добу при неповному зародженні визначається за формулою:

 (4.40)

де,  - найнижча теплота згорання біогазу, =26 МДж/добу.



Визначаємо загально добовий виробіток енергії БГУ за формулою:

 (4.41)



Коефіцієнт корисної дії біогазової установки ККД, % :

 (4.42)

ЕБГУ – загально добовий виробіток енергії біогазової установки, МДж/добу;

Qв.б.н. – теплова енергія, що виділяється з біогазу за добу, МДж/добу



**4.3 Розрахунок виробітку електроенергії**

Виробіток електроенергії розраховується на основі добового виробітку енергії біогазової установки.

Виробіток енергії біогазової установки конвертується в електроенергію за допомогою електрогенераторної установки, ККД якої дорівнює 30-45%. ККД нашої установки дорівнює 40%:

, кВт⋅год (4.43)

*ЕБГУ* – загально добовий виробіток енергії біогазової установки, МДж/добу;

3,6 - коефіцієнт конвертації ( 1кВт⋅год = 3,6 МДж);

24 - кількість годин у добі;

ККД – коефіцієнт корисної дії електрогенераторної установки, %.



Перевірка. Виробіток електроенергії з об’єму біогазу, яка отримується шляхом конвертації виробленої енергії біогазової установки на електрогенераторі, розраховується за формулою:

, кВт⋅год (4.44)

де Vв.б.н. – вихід біогазу, м3;

kе.б.г. – коефіцієнт вироблення електроенергії з біогазу, kе.б.г. = 1,5-3 кВт⋅год. Приймаємо kе.б.г. = 1,8 кВт⋅год.



Порівнюючи результати розрахунків, бачимо, що немає суттєвої відмінності у результатах, отже розрахунок виробітку електроенергії виконано вірно.

Виробіток електроенергії біогазової установки за добу:



Виробіток електроенергії біогазової установки за місяць складає:



Виробіток електроенергії біогазової установки за рік :



Враховуючи те, що біогазову установку протягом року зупиняють на технічне обслуговування та поточні ремонти на 25-30 діб, економію умовного палива, за рахунок отриманого біогазу, можна визначити за формулою:

 , кг (4.45)

де ЕБГУ – загально добовий виробіток енергії біогазової установки, МДж/добу;

Др. – кількість робочих днів БГУ за рік;

29,3 – теплота згоряння умовного палива, МДж/кг [34].

 , діб (4.46)

де Дн.р. – кількість неробочих днів за рік, Дн.р. = 25-30 діб.

Приймаємо Дн.р. = 25 діб.

 діб



**5 ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА**

Біогазову установку розраховано для Приватного акціонерного товариства «Агрокомбінат «Слобожанський», яке розташоване в Харківська області, Чугуївський район.

ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський» - система повного циклу, яка містить в собі все від вирощування сільськогосподарських культур, переробки їх в комбікорм для власного свинячого поголів'я і до виробництва кінцевої колбасно-м'ясної продукції під власною ТМ «Слобожанські Традиції».

Земельний фонд ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський» становить близько 7500га. На цих землях вирощується озима пшениця, ячмінь, кукурудза, соя, соняшник для подальшого виробництва комбікормів на власному комбікормовому заводі.

Свинарство є основним пріоритетним напрямком діяльності ПАТ «Агрокомбінат «Слобожанський». На сьогоднішній день в структурі Агрокомбінату 2 автоматизованих свинокомплексу. Центри виробництва свинини ПАТ «Агрокомбінат «Слобожанський» відповідають найвищим світовим стандартам. Племінна база і обладнання були закуплені у провідних європейських виробників, на підприємстві працює висококваліфікований персонал, а управління свинофермами здійснюється залученими датським фахівцем найвищої категорії.

На підприємство завезено маточне поголів'я з Данії з генетикою породи Йоркшир-Дюрок для отримання товарного поголів'я свинини першої категорії. Станом на початок цього року на «Слобожанському» міститься близько 8000 свиноматок.

У корпусах свині містяться в спеціалізованих групових верстатах, що мають залізобетонний гратчасту підлогу з системою навозовидалення, що виключає контакт тварин з екскрементами, оберігає їх від впливу вологи, забезпечує дотримання норм гігієни і комфорту. Системи мікроклімату, годування, водопостачання на комплексі - автоматизовані. Свині отримують збалансований повнораціонний корм і воду в достатку, за це відповідає автоматизована система рідкого годування. Власний комбікормовий завод дозволяє забезпечити сучасну кормову базу. Для годування на свинофермах використовують повноцінні ретельно збалансовані комбікорми з додаванням преміксів. Готують корми за спеціально розробленими рецептами від датських ветеринарів. Продуктивність комбікормового заводу - 20 тонн/год високоякісних кормів. Для всіх вікових і технологічних груп використовують корми тільки власного виготовлення широко застосовуються практично скрізь без стимуляторів росту. Відгодівлю триває 87 днів, середньодобовий приріст становить 942 грам. Високі продуктивні показники можливі тільки при хорошому утриманні, яке в повній мірі забезпечує ПрАТ «Агрокомбінат« Слобожанський»[27] .

Зважаючи на високотехнологічні свинокомплекси, в яких є залізобетонна ґратчаста підлога з системою навозовидалення, агрокомбінату доречно побудувати біогазові установку. Автоматична система навозовидалення відразу може перекачувати за допомогою насосів навоз до реактору.

Необхідність побудови установки полягає в наступному:

* побудова БГУ допоможе ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський» вирішити таку проблему як транспортування та утилізацію біологічних відходів;
* ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський» витрачає великі кошти на оплату електроенергії. Побудова установки дозволить перейти на автономне забезпечення електроенергії, та навіть продавати надлишок у загальну електромережу за «зеленим тарифом».
* зброджений субстрат можна використовувати у якості добрив. Так як ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський» має великий земельний фонд, побудова біогазової установки допоможе заощадити на закупівлі добрив.
* перелічені вище переваги БГУ допоможуть знизити собівартість продукції та зробити ТМ «Слобожанські Традиції» більш конкурентоспроможною на ринку.

**6 ОХОРОНА ПРАЦІ, ПРОТИПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

При експлуатації біогазової установки потрібно звертати увагу на наступне:

1.Вдихання газу в великих кількостях протягом довгого часу може викликати отруєння, тому що сірководень (Н2S), який міститься в біогазі дуже отруйний. Відповідно до Державних санітарних правил охорони атмосферного повітря населених місць N 201 від 09.07.97 (які втратили чинність, і до яких можна звертатися у якості довідникового матеріалу): ГДКм.р.= 0,008 мг/м3, клас небезпеки – 2 [4].

Неочищений біогаз пахне тухлими яйцями, але після очищення не має ніякого запаху. Тому всі приміщення, де стоять побутові прилади, що використовують біогаз, потрібно регулярно провітрювати. Газові труби повинні регулярно перевірятися на герметичність і захищатися від пошкоджень. Виявлення витоків газу повинно проводитися за допомогою мильної емульсії або спеціальними приладами. Застосування відкритого вогню для виявлення витоку газу забороняється.

2) Біогаз в суміші з повітрям в пропорції від 5% до 15% при наявності джерела запалення з температурою 600 °С або більше може призвести до вибуху. Відкритий вогонь небезпечний при концентраціях біогазу в повітрі більше 12%. Таким чином, забороняється куріння та розведення вогню біля установки. При проведенні зварювальних робіт відстань до газового обладнання повинна бути не менше 10 метрів. Після зливу сировини з біогазових установок для проведення ремонту, реактор повинен провітрюватися, так як існує небезпека вибуху суміші біогазу і повітря.

3) Тиск газу, що подається по газопроводу до місця споживання, не повинно перевищувати 0,15 МПа (1,5 кг/см2), а перед газовими приладами має бути не більше 0,13 кг/см2. Реактор повинен бути оснащений задвижками, гідрозатворами, які в разі потреби могли б відключити його від магістрального газопроводу. Реактор повинен мати клапан автоматичного скидання надлишкового тиску в газовій системі в разі його підвищення понад норму.

4) Електрообладнання, яке використовується, повинно бути заземлено. Опір заземлюючого проводу має бути не більше 4,0 Ом.

5) Основними джерелами санітарної небезпеки є присутність в рідкому гної і гнойових стоках яєць гельмінтів, бактерій груп кишкової палички та іншої патогенної мікрофлори. Тому потрібно дотримуватися запобіжних заходів для запобігання зараження. Так, не рекомендується приймати їжу в приміщенні ферми і поруч з біогазовими установками [32].

Розглянемо докладніше характер дії, токсичність та першу допомогу складових біогазу, таких як метан, вуглекислий газ та сірководень.

Метан - безбарвний, але розчиняється в воді, не має запаху, неотруйний, легкозаймистий газ; значно легший за повітря. З киснем або повітрям утворює вибухонебезпечну суміш. Горить блакитним полум'ям. Задушливий газ! Володіє слабким наркотичною дією. Можливі отруєння домішками.

Таблиця 6.1 - Властивості метану

|  |  |
| --- | --- |
| Загальні властивості | |
| [Молекулярна формула](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D0%B0) | CH4 |
| [Молярна маса](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D0%B0) | 16,04 г/моль |
| Зовнішній вигляд | безбарвний газ |
| Властивості | |
| [Густина](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0) і [агрегатний стан](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B3%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD) | 0,717 кг/м³, газ |
| [Температура плавлення](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) | −182,5 °C при 1 [атм](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0_(%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F)) |
| [Температура кипіння](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F) | −161,6 °C (111,55 K) |
| [Потрійна точка](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0) | 90,7 K, 0,11 бар |
| Небезпека | |
| [Температура спалаху](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D1%81%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D1%85%D1%83) | 87,8 °C |
| [Температура самозагоряння](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F) | 537 °C |
| [Межі вибухонебезпеки](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9C%D0%B5%D0%B6%D1%96_%D0%B2%D0%B8%D0%B1%D1%83%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B8&action=edit&redlink=1) | 5—15 % |

Правила охорони здоров'я людей

1. Характер дії і токсичність. Метан в нормальних умовах являє собою задушливий газ з незначною власною дією на організм і може викликати зупинку дихання, перешкоджаючи надходження кисню.

Наркотична дія виникає тільки при вдиханні газу під тиском. Багатогодинне вдихання суміші з 5 об'ємних часток метану і 1 об'ємної частки кисню не робить наркотичної дії. При концентрації 330 ... 520 мг / л викликає головний біль і сонливість (тривалість впливу не наводиться). Різниця між наркотичною та токсичною дозами незначна.

2. Перша допомога. Постраждалого якомога швидше винести з приміщення. Спокій. У легких випадках необхідно глибоко вдихати свіже повітря; в більш важких - звільнити дихальні шляхи, покласти потерпілого па спину, голову відхилити назад і при необхідності почати робити штучне дихання. Транспортувати в положенні лежачи на боці.

3. Лікарська допомога. Вдихання кисню, ін'єкції лобелину і по можливості антидоти, як при отруєнні СО.

Вуглекислий газ - безбарвний, невидимий, стійкий, здатний до реакцій газ, негорючий, важчий за повітря із слабкокислим запахом. Зріджений вуглекислота поза герметичною ємності переходить в твердий стан (сухий лід). Холодний газ, змішуючись з вологим повітрям, утворює туман. Залежно від концентрації газ, який вдихається, надає збудливу, п'янку або задушливу дію. Резорбція в невеликій мірі відбувається також через шкіру. Рідка вуглекислота і сухий лід при попаданні на тіло викликають важкі обмороження.

Таблиця 6.2 - Властивості вуглекислого газу

|  |  |
| --- | --- |
| Формула | CO2 |
| Молекулярна маса | 44,01 |
| У газоподібному стані | |
| Густина | 1,98 г/л |
| Розчинність у воді  при 25 0С | 75,7 мл в 100 мл |
| В зрідженому стані | |
| температура | -56,57 0С (216,6 К) |
| тиск | 0,51 Мпа |
| густина | 0,81 кг/л |

Правила охорони здоров'я людей

1. Характер дії і токсичність. Вуглекислий газ у високих концентраціях паралізує дихальний центр. При низьких концентраціях надлишок або дефіцит кисню грає вирішальну роль в інтенсивності і протіканні процесу отруєння вуглекислим газом. Залежно від тривалості вдихання при відсутності достатнього надходження кисню 8 ... 10% (за обсягом) СО2, може викликати головний біль, шум у вухах, запаморочення, підвищення кров'яного тиску, тахікардію, прискорене дихання або задишку, ціаноз, збуджений стан, нудоту. При концентрації понад 10% - атаксія, іноді епілептиформні судоми, втрату свідомості, падіння кров'яного тиску. При своєчасній подачі свіжого повітря хворобливі явища швидко припиняються, в іншому випадку може наступити задуха! При концентрації понад 18 ... 20% - стан, що нагадує апоплексію. У разі контакту шкіри з рідким СО2 або сухим льодом - почервоніння і набрякання її, можливе утворення пухирів. В окремих випадках більш-менш глибоке пошкодження тканини. Сильні болі.

2. Перша допомога. Постраждалого негайно винести з небезпечної зони. Забезпечити надходження свіжого повітря. У закритих приміщеннях - одягнути респіратор. Спокій, тепло, при необхідності штучне дихання. Звільнити дихальні шляхи. Стежити за пульсом, при необхідності зробити масаж серця. При втраті свідомості транспортувати в положенні на боці.

3. Лікарська допомога. Примусове вдихання кисню (при блювоті - введення кисню в легені спеціальним способом), в крайньому випадку необхідні інтубація і контроль газового складу крові (кислотно-лужного балансу); відповідні терапевтичні дії шляхом введення трігідроксіметіламінометана (тріспуффера) і ін. Далі - залежно від симптомів. При сильних болях в шкірному покриві ввести під шкіру 1 ампулу гідроморфонгідрохлоріда. Стежити за диханням і пульсом. Внутрішньом'язово - 2 ампули метилпреднизолона.

Сірководень - отруйний, розчинний у воді рідкий газ, безбарвний, дуже легкозаймистий; утворює з повітрям вибухонебезпечну суміш. Газ трохи важчий за повітря, в певній концентрації пахне тухлими яйцями. При тривалому впливі і підвищеної концентрації відчуття запаху може притупитися, тому ця ознака виявлення ненадійна. Подразнює очі і дихальні шляхи. Шкірою всмоктується незначно, можливий набряк легенів.

Таблиця 6.3 - Властивості сірководню

|  |  |
| --- | --- |
| Формула | H2S |
| Молекулярна маса | 34,1 |
| В газоподібному стані | |
| Густина | 1,54 кг/м3 |
| Точка спалаху | 270 0С |
| Границі вибухонебезпечної концентрації в % до об’єму | 4,3...45,5 |
| У рідкому стані | |
| Точка плавлення | -86 0С |
| Точка кипіння | -60 0С |
| Густина | 0,796 кг/л |
| Теплота випаровування | 8,29 кДж/м3 |
| Тиск парів | 1,81 МПа |

Правила охорони здоров'я людей

1 Характер дії і токсичність. У невеликих концентраціях - подразнення слизових оболонок (очі, дихальні шляхи), нудота, блювота, головний біль, пронос, задишка, ціаноз, втрата свідомості, марення, судоми. Характерно також стан збудження. До смертельного результату може привести параліч дихання, який настає тим швидше, чим вище концентрація, і в екстремальному випадку служить єдиним симптомом при так званому апоплексичному протіканні отруєння. Порушення діяльності центральної нервової системи і серця можуть тривати після пережитого отруєння ще тривалий час. Зазвичай залишається надчутливість до H2S. Хронічні симптоми: подразнення слизової оболонки, легке помутніння рогівки, світлобоязнь, бронхіт, загальна слабкість, втрата апетиту, втрата ваги і порушення кровообігу. Характерні також висип і свербіж шкіри.

2. Перша допомога. Свіже повітря, при зупинці дихання - штучне дихання ( «рот в рот»). Тепло, спокій. Перевезення в лежачому положенні. При небезпеці втрати свідомості перевезення в положенні лежачи на боці.

3. Лікарська допомога. Якнайшвидше штучне дихання (киснем), при цьому не забувати і про власну безпеку. Застосовувати аналептики. Потім в залежності від симптомів контролювати насамперед функції системи кровообігу і легень. Попереджати набряк гортані. При бронхіті можна давати кодеїн, як тільки вдасться подолати стадію асфіксії. При набряку легенів під час латентного періоду - високі дози преднізолону (внутрішньовенно). Крім того, інфузія ТНАМ в дозі 0,5 г на 1 кг маси. Абсолютний спокій, тепло. Профілактика інфекцій. Дихальні шляхи звільнити шляхом відсмоктування. Застосовувати морфій тільки в малих дозах. Проти згущення крові застосовувати пероральне введення рідини або крапельну клізму, але не додаткові внутрішньовенні вливання. При ураженні газоподібними продуктами згоряння лікування таке ж, як і при отруєнні С02 [2].

**7 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ**

Вартість біогазової установки компанії ООО «ЭНЕРГО-СТАР ЛТД» складає 23 970 768 грн [[28](https://energostar.kiev.ua/)]. Період експлуатації 15 років.

ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський» споживає 55 000 кВт⋅год за місяць.

Різниця між виробленою електроенергією БГУ та спожитою фермою за місяць складає:



Тобто власні потреби в електроенергії ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський» повність покриваються біогазовою установкою та залишається залишок, який можна продавати в зальну електромережу за «зеленим тарифом».

Тариф на електроенергію для сiльськогосподарських споживачів 1 класу напруги ( 35кВ i бiльше ) дорівнює 167,485 коп/кВт⋅год станом на 1 січня 2018 року [33].

Витрати на електроенергію ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський» складають:



Тобто після введення в експлуатацію біогазової установки підприємство буде заощаджувати 92 116,75 грн. у місяць.

Розрахуємо прибуток від продажу електроенергії.

Відповідно до Закону України «Про внесення зміни до Закону України "Про електроенергетику" щодо коефіцієнтів "зеленого" тарифу для електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії» від 2017, № 4:

«Стаття 17**-1**. Стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії.

"Зелений" тариф встановлюється національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, на електричну енергію, вироблену на об’єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах) з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії - вироблену лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями).

"Зелений" тариф встановлюється для кожного суб’єкта господарювання, який виробляє електричну енергію з альтернативних джерел енергії, за кожним видом альтернативної енергії та для кожного об’єкта електроенергетики (або для кожної черги будівництва електростанції (пускового комплексу).

"Зелений" тариф на електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств, встановлюється єдиним для кожного виду альтернативного джерела енергії.

"Зелений" тариф для суб’єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з біогазу, встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт "зеленого" тарифу для електроенергії, виробленої з біогазу. У цьому Законі біогазом є газ з біомаси» [10].

Роздрібний тариф для споживачів другого класу напруги без ПДВ на січень 2009 року дорівнює 58,46 коп./кВт\*год [30].

Коефіцієнт "зеленого" тарифу для електроенергії, виробленої з біогазу наведено у таблиці 7.1

Таблиця 7.1 Коефіцієнт "зеленого" тарифу [10]

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Категорії об’єктів електроенергетики, для яких застосовується "зелений" тариф | Коефіцієнт "зеленого" тарифу для об’єктів або його черг/пускових комплексів, введених в експлуатацію | | | | | | | |
| по  31.03.2013 включно | з  01.04.2013 по  31.12.2014 | з  01.01.2015 по  30.06.2015 | з  01.07.2015 по  31.12.2015 | з  01.01 2016 по  31.12.2016 | з  01.01.2017 по  31.12.2019 | з  01.01.2020 по  31.12.2024 | з  01.01.2025 по  31.12.2029 |
| для електроенергії, виробленої з біогазу | - | 2,30 | 2,07 | 2,30 | | | 2,07 | 1,84 |

Отже, формула у у загальному вигляді має вигляд:

 (7.1)

*Р* – прибуток від реалізованої електроенергії, грн.;

N – кількість виробленої енергії, кВт;

Ткл.2 - роздрібний тариф для споживачів другого класу напруги без ПДВ на січень 2009 року дорівнює 58,46 коп./кВт\*год;

Кз.т.- коефіцієнт "зеленого" тарифу (див. таблицю 7.1)

Звернімо увагу на те, що коефіцієнт «зеленого тарифу» змінюється протягом 15 років експлуатації біогазової установки.

У період 2018-2019 рр коефіцієнт «зеленого тарифу» дорівнює 2,30, тоді прибуток за місяць від продажу електроенергії дорівнюватиме:



Прибуток за кожен рік у 2018 році та у 2019 році дорівнюватиме:



У період 2020-2024 рр коефіцієнт «зеленого тарифу» дорівнює 2,07, тоді прибуток за місяць від продажу електроенергії дорівнюватиме:



Прибуток за кожен рік у період 2020-2024 рр дорівнюватиме:



У період 2025-2032 рр коефіцієнт «зеленого тарифу» дорівнює 1,84, тоді прибуток за місяць від продажу електроенергії дорівнюватиме::



Прибуток за кожен рік у період 2025-2032 рр дорівнюватиме:



Ще однією перевагою біогазової установки є отримання мінеральних відходів. Відповідно до експрес-розрахунків на офіційному сайті компанії «Екотенк» можна отримати щодня 90,00 т біодобрив з вологістю 96%, що еквівалентно 0,85 т мінерального добрива гранульованого типу нітроамофоску [38].

Середня ціна добрива нітроамофоску на ринку складає 10 000грн/т [39].

Тобто економія витрат на добрива складе 8 500 грн/т за день, за місяць – 255 000 грн.

Зведена таблиця надходження грошових потоків за 15 років експлуатації біогазової установки наведена в додатку