

УДК 631.312

КОНСТРУКЦІЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Курило О.М.¹, Теслюк В.В.², Ікальчик М.І.³

¹ студент факультету інженерії та енергетики, ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут";

² д-р. с.-г. наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, vtesluk@i.ua;

³ кандидат технічних наук, ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут".

В статті розглянуто основи роботи біогазових установок. Приведена конструкція реакторів, водонагрівального котла, способи перемішування сировини в горизонтальних реакторах та система відбору біогазу. Дані знання можна використати для розробки власної конструкції біогазової установки.

Біогаз, біогазові технології, реактор, водонагрівальний котел, газгольдер.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день енергетика на основі біогазу є єдиною недорогою поширеною альтернативою природному газу, і якщо установка сонячних батарей вимагає чималих витрат при низькому коефіцієнті корисної дії, а природний газ теж не відрізняється особливою дешевизною, то біогаз, вироблений з будь-яких продуктів відходів життєдіяльності дозволяє отримувати дешевий газ.

Аналіз останніх досліджень. Д.т.н., О.Ю. Майстренко; к.т.н., Ю.В. Куріс; магістр О.В. Ряснова із Запорізької державної інженерної академії, розробили методику розрахунку біогазові установки. Сидоров Ю.І., Мельниченко О.С., Новіков В.П., Влязло Р.Й. із НУ «Львівська політехніка» розробили розрахункову модель безперервного виробництва біогазу та провели її економічний аналіз [1].

Мета досліджень. Вивчити призначення та будову комплектуючих біогазових установок з метою розробки установки на базі ННВП ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут".

Результати досліджень. Принцип роботи біогазових установок базується на біологічних процесах бродіння та розкладання органічних речовин під впливом метаноутворювальних бактерій в анаеробних умовах, які характеризуються відсутністю вільного кисню, високої вологості і температурного середовища 15-20° для психофільних, 30-40° для мезофільних і 50-70° для термофільних бактерій.

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

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

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

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

Кількість утворюваного біогазу для процесу, який нормально проходить при температурі 35-37° і середньому часі утримання сировини в реакторі протягом 10 днів, знаходиться в межах 30-70 м³ біогазу на тонну сировини на добу.

Якщо відома вага добового свіжого гною, то добовий вихід біогазу буде приблизно наступним: 1 тонна гною ВРХ – 4050 м³ біогазу, 1 тонна гною свиней – 70- 80 м³ біогазу, 1 тонна пташиного посліду – 60-70 м³ біогазу [2].

Реактор може бути виготовлений із будівельних матеріалів, таких як цегла, камінь, бетон, а також з металеві цистерни, яка була у вжитку. Він може бути розташований над поверхнею землі на фундаменті, закопаний в землю або встановлений всередині приміщення, в якому знаходяться тварини. Важливою вимогою до реактора є забезпечення герметичності і корозійної стійкості.

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

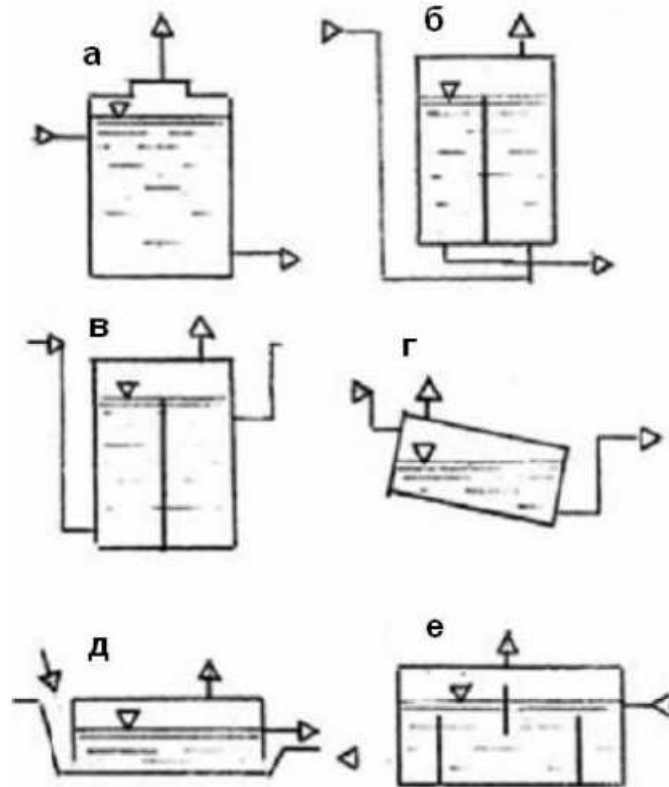


Рис. 2. Форми реакторів біогазових установок
 а – циліндричний реактор з верхнім завантаженням
 б - циліндричний реактор з нижнім завантаженням
 в – циліндричний двосекційний реактор
 г – похилий реактор
 д – траншейний реактор з плавальним покриттям
 е – горизонтальний секційний реактор

Розміри реактора визначаються індивідуально для кожного господарства на основі наявного поголів'я тварин.

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

При наявності металевої цистерни достатнього об'єму необхідно перевірити внутрішню і зовнішню поверхні стінок на предмет наявності раковин, якості зварки, наявності отворів та інших

пошкоджень, які повинну бути усунені. Тоді ці поверхні треба очистити і пофарбувати.

Робота БГУ передбачає щоденне завантаження сировини і вивантаження збродженого гною.

Найпростішим способом завантаження і вивантаження є спосіб переливу, який полягає в тому, що при завантаженні свіжого гною рівень сировини в реакторі піднімається і через з'єднану з ним переливну трубу така ж кількість збродженої сировини вивантажується в ємність для збору.

Для забезпечення герметичності реактора в процесі завантаження і вивантаження вхідна і вихідна труби розташовані під нахилом до вертикальної вісі таким чином, щоб нижній кінець труби був розташований нижче рівня рідини. Завдяки цьому створюється гідравлічний затвор, який перешкоджає проникненню повітря в реактор.

Для рівномірного розподілу свіжої сировини по всьому об'єму реактора та ефективності видалення переробленого шламу труби завантаження і вивантаження розташовані на протилежних сторонах реактора.

Маса, яка завантажується, може містити тверді частинки достатньо великих розмірів, наприклад, підстилковий матеріал (солому, тирсу), стебла рослин, а також сторонні предмети. Для того, щоб труби не забивались, їх діаметр повинен бути не менше 300 мм. Завантажувальна труба має бункер для попередньої підготовки сировини.

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

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

Найпоширенішою схемою підігріву сировини є система опалення і водонагрівуючого котла, який працює на біогазі, електриці і твердому паливі (Рис. 3) [3]. В якості нагрівуючих елементів застосовують теплообмінники у вигляді змійовиків, секцій радіаторів або паралельно зварених труб, де теплоносієм служить гаряча вода температурою біля 60°C. Вища температура підвищує ризик налипання зважених частинок на поверхні теплообмінника.

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

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

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



Рис. 3. Підігрів сировини за допомогою водонагрівуючого котла

Перемішування сировини в реакторі підвищує ефективність роботи БГУ, запобігає осадженню твердих частинок на теплообмінники і дно реактора, перешкоджає утворенню кірки на поверхні. Варіанти перемішування для горизонтальних реакторів наведені на рис. 4.

Перемішування в основному може бути зведено до наступних способів: механічними мішалками, біогазом (який пропускається через товщину сировини) і перекачуванням сировини з верхньої зони в нижню. Робочими органами механічних мішалок є шнеки, лопаті і планки. Вони можуть приводитися в дію вручну, від електродвигунів або від повітряного двигуна [4].

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

Конструктивно вони представляють собою горизонтально або вертикально встановлений вал всередині реактора на якому закріплені лопаті чи інші елементи з гвинтовою поверхнею, які забезпечують переміщення сировини, збагаченої метановими бактеріями, від місця вивантаження до місця завантаження. Це дозволяє збільшити

швидкість утворення метану і скоротити час перебування сировини в реакторі.

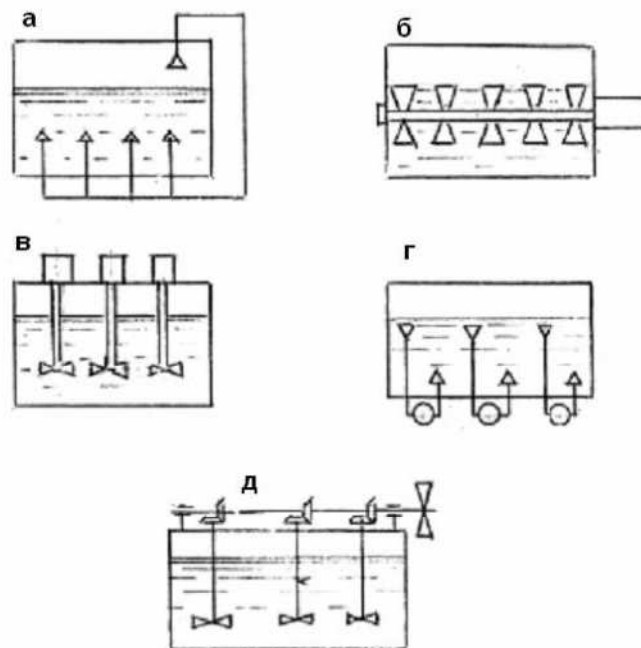


Рис. 4. Способи перемішування сировини в горизонтальних реакторах

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

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

Система відбору біогазу містить розподільчі газові трубопроводи із замочною арматурою, збірник конденсату, запобіжний клапан, накопичувач газу (газгольдер) і споживачі газу (кухонні плити, нагрівачі води, двигуни внутрішнього згорання і ін.).

Система монтується тільки після установки реактора в робоче положення. Вона повинна виготовлятися із сталених труб з внутрішнім діаметром не менше 15 мм і зварними з'єднаннями. Для

запору газової системи в момент запуску реактора обов'язковим є встановлення напівоборотного крана.

Для відведення накопиченої вологи в трубопроводах служить збірник конденсату, який встановлюється в найнижчій точці газовідводу з реактора. Біогаз, який утворюється в реакторі, містить велику кількість водяних парів, які можуть конденсуватися на стінках трубопроводів, що призводить до їх закупорювання.

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

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

Спосіб накопичення біогазу залежить від того, для яких цілей буде використовуватися біогаз. Якщо передбачено пряме згорання у пальниках котлів двигунів внутрішнього згорання, то великі газгольдери не потрібні. У цьому випадку вони необхідні для вирівнювання нерівномірності газовиділення та покращення тим самим умов горіння.

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

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

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

Газопровід повинен бути обладнаний запобіжно-скидним клапаном, який випускає біогаз в атмосферу при підвищенні тиску понад $0,03\text{--}0,035 \text{ МПа}$ ($0,3\text{--}0,35 \text{ кг/см}^2$) [5].

Висновки. Багато країн світу, в т.ч. Україна, мають в своєму розпорядженні значні потенційні можливості виробництва біогазу з біомаси сільськогосподарських тварин. З однієї тонни сухої речовини біомаси при його анаеробній обробці можна отримати до 500 м³ біогазу з теплотворною здатністю 5200-6500 ккал/м³.

Список використаних джерел:

1. Сидоров Ю. І., Мельниченко О. С., Новіков В. П., Влязло Р. Й. Розрахункова модель безперервного виробництва біогазу та її економічний аналіз // Вісник НУ «Львівська політехніка». — 2004. — № 497. — С. 65–70.
2. Смирнов О. П. Энергосбережение и экология. Перспективы развития производства биогаза в Украине. — eneco.com.ua/library/7/52/.
3. РеМир. Биогаз. — <http://www.biodiesel.net.ua/index.files/page0002.h...>
4. Украина займется производством биогаза. — <http://ukroil.com.ua/news/print/9147.html>.
5. Касимов А. М., Мелашенко А. С. Биогаз полигонов ТБО — важный резерв альтернативных источников энергии. — nbuv.gov.ua/.../2008_2_3/EEJET_2_3_2008_26-28.pdf.

Аннотация. В статье рассмотрены основы работы биогазовых установок. Приведена конструкция реакторов, водонагревательного котла, способы перемешивания сырья в горизонтальных реакторах и система отбора биогаза. Данные знания можно использовать для разработки собственной конструкции биогазовой установки.

Биогаз, биогазовые технологии, реактор, водонагревающий котел, газгольдер.

Abstract. In the article the basics of biogas plants. Present design reactors, water heating boiler ways of mixing raw materials in horizontal reactors and biogas selection system. These knowledge can be used to develop its own design biogas plant.

Biogas, biogas technology, reactor, boiler water heating, gasholder.