

УДК 662.63
© 2014

Ю.М. КУЦЕНКО,
доктор технічних наук

Таврійський державний
агротехнологічний університет,
м. Мелітополь, Україна
E-mail: kucenko2010@gmail.com

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Проведено аналіз основних конструкцій установок для виробництва біогазу. Запропоновано інженерні рішення з удосконалення біогазових установок щодо забезпечення екологічності, якості та надійності їх роботи. За умови впровадження блока перетворювачів та контролю можливо добитися повної автоматизації вироблення біогазу.

Ключові слова: біогазова установка, впровадження енергетично ощадних конструкцій, органічні відходи, екологічність, якість.

Відомо, що основними конструктивними елементами біогазової установки є біореактор і газгольдер для збору біогазу, пристрій для підігріву біомаси, її перемішування, а також засоби контролю параметрів процесу. Процес зброджування необхідно здійснювати за оптимального температурного режиму, оскільки короткочасні відхилення, особливо в бік зниження температури, призводять до гальмування стадії метаногенеза. Метанові бактерії є досить чутливими організмами. Тому можуть активно проходити стадії гідролізу і кислотоутворення, які здійснюються більш стійкими гідролітичними мікроорганізмами, що призводить до накопичення кислот та інших проміжних продуктів, порушення трофічних зв'язків у мікробному консорціумі та процесу в цілому [1].

Задля ефективного протікання процесу утворення біогазу необхідно забезпечити температурні режими, екологічність та економічність роботи енергетичного устаткування біогазових установок.

Практичний вихід газу залежить від багатьох факторів, які впливають на процес його отримання: конструкція установки, завантаження робочого простору, час технологічного бродіння, інтенсивність перемішування. Метаболічна активність та репродуктивна здатність мікроорганізмів знаходяться в функційній залежності від температури.

Крім того, температура в реакторі впливає на якість газу. Найбільше практичне застосування знайшли два температурні режими, за яких зазвичай здійснюється процес зброджування: мезофільний (32–35 °C) і термофільний (52–55 °C). Температура в реакторі займає майже 45 % від загальних чинників, які впливають на процес ефективного отримання біогазу [2, 3].

У процесі отримання біогазу суттєва роль відводиться застосуванню електричних змішувачів, насосів новітнього покоління. Використання комп'ютерних технологій дає можливість проектування лопатей, які забезпечують оптимальні характеристики змішування і гомогенізації біомаси. Використання високоякісних сталей серії V2A 1.4301, компаундних матеріалів забезпечують клас захисту електрообладнання IP68, клас ізоляції обмоток $F=155$ °C [4]. Впровадження конструкційних матеріалів нового покоління дає можливість забезпечити надійність, екологічність та якість роботи біогазових установок.

Тому метою даної роботи й стало проведення аналізу основних факторів впливу на ефективність роботи біогазових установок та вдосконалення їх конструкцій зі забезпечення екологічності, якості та надійності роботи.

Існуючі пристрої біогазових установок містять у собі герметичний циліндричний



Рис. 1. Зовнішній вид змішувача біомаси компанії "Stallkamp"

резервуар з теплообмінником, реактори з фіксованим та плаваючим куполом, трубопроводи підводу і відводу біомаси, зворотно-поступальні пристрої для перемішування біомаси. Узагальненим недоліком установок є недостатня продуктивність біогазової установки з-за невисокої ефективності використання теплоти та достатньо високої собівартості [3, 5].

Підвищення якості процесу отримання біогазу досягається шляхом дотримання сталого температурного режиму зброджування, розподілення теплоносія по зовнішньому діаметру реактора, впровадження енергетично ощадних та екологічно надійних елементів конструкції установки. Удосконалення конструкції досягається шляхом встановлення теплового насоса і сонячного колектора, змішувача в горизонтальне положення, обладнання резервуара-реактора технологічним рукавом, що дає можливість підвищити якість перемішування біомаси, забезпечити найбільшу площу обігріву реактора і підвищити якість використання теплової енергії для обігріву реактора [4, 6].

Встановлення горизонтально змішувача (рис. 1) підвищує якість перемішування біомаси, використання технологічного рукава зовні резервуара-реактора дозволяє раціонально використовувати теплову енергію для підігріву біомаси. Тепловий насос слугує як джерело низькопотенційної теплової енергії (підвищується загальний ККД установки), здійснює постійну підтримку температурного режиму зброджування, використання сонячного колектора залежно від періоду доби та пори року, надає мож-

ливість заощаджувати електричну енергію.

Процес анаеробного зброджування протікає в мезофільному режимі при температурі 30–40 °С, час реакції залежить від характеру органічних відходів і сягає 10–15 діб. Завантаження і перемішування сировини механізовано і проводяться за допомогою пневматичної системи з використанням насосів компанії "Stallkamp". Підігрів сировини в реакторі біогазової установки проводиться за допомогою теплообмінника з водонагрівальним котлом, який працює на біогазі. Трубопровід вивантаження сировини має розгалуження для збору біодобрив у сховищі і для завантаження в транспортні засоби. Конструкція біо-газової установки передбачає ручну підготовку і пневматичне завантаження сировини в реактор; частина біогазу, що виробляється, використовується для підігріву сировини в реакторі. Перемішування проводиться біогазом, відбір його – автоматично.

Біогаз зберігається в газгольдері. Конструкція установки для отримання біогазу під час переробки органічних відходів наведена на (рис. 2) складається з газгольдера 1, який розташований зверху резервуара-реактора 2, електричного приводу змішувача 3, вивантажувального шнека 4, встановленого праворуч. Більшу частину резервуара-реактора охоплює технологічний рукав 5, поруч з ним встановлені насос подачі теплоносія

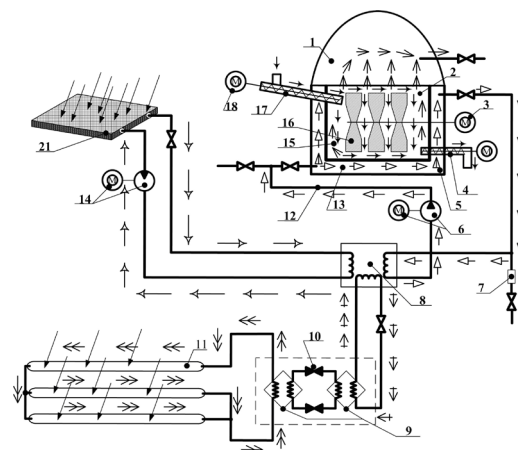


Рис. 2. Удосконалений біореактор анаеробного зброджування

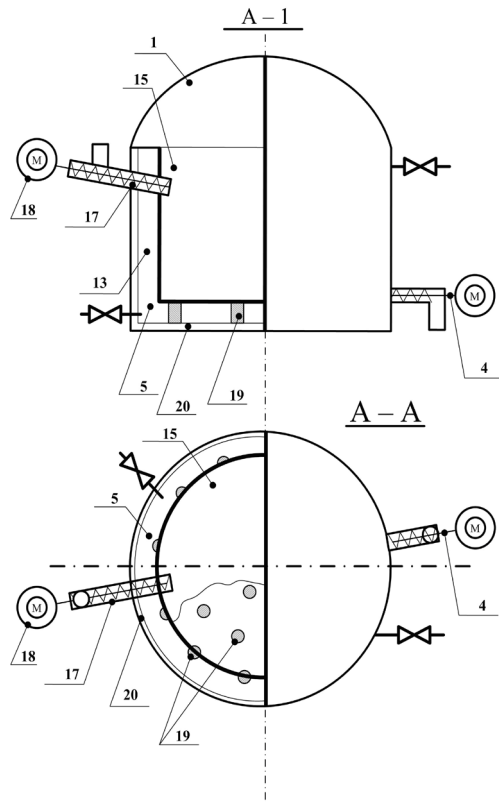


Рис. 3. Конструктивна схема біореактора анаеробного збродження

6, фільтр очищення теплоносія 7; теплообмінник 8 розташований поблизу резервуара-реактора. Конденсатор 9 є головними елементами теплового насоса 10, який приєднаний до теплообмінника 8. Технологічні свердловини 11 розташовані біля теплового насоса, циркуляція теплоносія 13 здійснюється за допомогою трубопроводів 12, насоса 14. Біомаса 15 розміщена безпосередньо в резервуарі-реакторі та переміщується змішувачем 3, завантажувальний шнек 17 з електричним приводом 18 знаходиться збоку резервуара-реактора. Утримуючий елемент 19 (рис. 3) фіксує резервуар-реактор; технологічний рукав оснащений теплоізоляційним шаром 20. Сонячний колектор 21 займає місце ліворуч від резервуара-реактора 2, на відстані до 5 м.

Технологічний процес: підготовлена біомаса 15 за допомогою завантажувального

шнека 17, якому надає руху електричний привод 18, потрапляє до резервуара-реактора 2, після цього починає працювати горизонтально встановлений змішувач 3, що має електричний привод. Сонячний колектор 21 використовує променеву енергію, яка циркулює по замкнутому контуру насосом 14, енергія передається до теплообмінника 8. Тепловий насос 10 споживає низькопотенційну енергію ґрунту. У ґрунті розташовані технологічні свердловини 11 із закладеними трубопроводами з теплоносієм. Випарник та конденсатор 9 перетворюють низько потенційну енергію у теплову, яка потрапляє по трубопроводах до теплообмінника 8. Зовні реактора 2 за допомогою утримуючих елементів 19 розташований технологічний рукав 5, у якому знаходиться попередньо очищений теплоносій 13. Теплова енергія, яка надходить до теплообмінника 8, передається теплоносію 13. Підігрітий до потрібної температури, він циркулює по трубопроводу 12 за допомогою насоса 6 та потрапляє до технологічного рукава. Зазначимо, що технологічний рукав по зовнішньому периметру містить теплоізоляційний шар 20, який зменшує втрати теплоти від підігрітого теплоносія 13 в атмосферу. Біомаса 15 поступово підігрівається, змішувач 3 періодично доводить її до однорідної маси. Через деякий час біомаса зброджує і виділяє біогаз, який, підіймаючись знизу, потрапляє до газгольдера 1. Надлишкова вологість у газгольдері випадає в конденсат, отриманий біогаз по трубопроводу потрапляє до сховища. Після закінчення технологічного процесу отримання біогазу з органічних відходів відпрацьована біомаса стає високоякісним органічним добривом, яке вивантажується з резервуара-реактора 2 за допомогою шнека 4. Після цього технологічний процес повторюється.

Біогазова установка має високу температурну стабільність та захист від впливу навколишнього середовища, що підвищує якість протікання процесу утворення біогазу. Завдяки використанню двох незалежних джерел енергії, значно підвищується надійність та загальний коефіцієнт корисної дії установки. За допомогою пристрою можливо не тільки отримувати біогаз та висо-

коякісні органічні добрива, але й проводити дослідження отримання біогазу за різної природи походження органічних відходів.

Проведені дослідження та їх аналіз дозволили виділити основні фактори, які найбільш суттєво впливають на вироблення біогазу: T – температура бродіння; $C_{жир}$ – вміст жирів; $C_{білк}$ – вміст білків; $C_{вугл}$ – вміст вуглеводів; $C_{ПАР}$ – вміст поверхнево-активних речовин (ПАР) в осаді; W – вологість суміші. Для вдосконаленої конструкції теоретичні залежності виходу біогазу з урахуванням

впливу температури мають вид

$$B = 9,6032 \cdot C_{жир} + 6,2891 \cdot C_{білк} + 2,665 \cdot C_{вугл} - 8,258 \cdot C_{ПАР} + 15,897 \cdot t - 1,0675 \cdot W + 71,3426.$$

Отримані залежності дають можливість прогнозувати вироблення біогазу для конкретних виробничих умов. За умови впровадження блока перетворювачів та контролю можливо добитися повної автоматизації даного процесу.

Висновки

1. Впровадження установок для отримання біогазу анаеробного збродження є одним із шляхів підвищення енергетичного забезпечення підприємств агропромислового комплексу.

2. Використання високоякісних сталей серії V2A 1.4301, компаундних матеріалів із класом захисту IP68, класу нагрівостійкості ізоляції обмоток $F = 155^\circ\text{C}$ дає можливість

забезпечити надійність, екологічність та якість роботи біогазових установок.

3. Кореляційно-регресивний аналіз указує на достатньо високе значення зв'язку коефіцієнта виробітку біогазу (B) від основних факторів. Коефіцієнт детермінації дорівнює $R^2 = 0,843$. Отримані залежності дають можливість прогнозувати виробіток біогазу для виробничих умов.

Бібліографія

1. Баадер В. Биогаз / Баадер В., Доне Е., Брендерфер М. – М.: Колос, 1982. – 148 с.

2. Кюрчев В.М. Альтернативне паливо для енергетики АПК : посібник / Кюрчев В.М., Дідур В.А., Грачова Л.І.; за ред. В.А. Дідура. – К.: Аграрна освіта, 2012. – 416 с.

3. Веденев А.Г. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике / А.Г. Веденев, Т.А. Веденева, О.Ф. “Флюид”. Б. Типография “Евро”, 2006. – 90 с.

4. Оборудование технологическое. Каталог [Электронный ресурс]: – Режим доступа

<http://www.stallkamp.deen/products/biogas>.

5. Пат. на корисну модель 58740 Україна, МПК CO2F 3/28 (2011.01). Біогазова установка для переробки органічних відходів / Коломицев В.М., Куценко Ю.М., Потішній О.А.; заявл. 20.09.2010; опубл. 26.04.2011. Бюл. № 8.

6. Офіційний сайт компанії SINUS. Енергоощадні технології. Біогазові установки [Електронний ресурс]: – Режим доступу: http://www.sinus.org.ua/star//index.files/alt_biogaz_fermer.htm

Рецензент – доктор технічних наук, професор **С.С. Тищенко**