

НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

С. М. Кухарець

д.т.н.

Житомирський національний агроекологічний університет

Г. А. Голуб

д.т.н.

Національний університет біоресурсів та природокористування України

О. В. Медведський

к.т.н.

А. С. Лозвий

магістрант

Житомирський національний агроекологічний університет

Сьогодні виникає необхідність постійного підвищення енергетичної автономності аграрних підприємств та поліпшення балансу гумусу за рахунок конверсії побічної продукції виробництва. Саме ця необхідність зумовлює реальну потребу у впровадженні інноваційних енергозберігаючих технологій, орієнтованих на виробництво біогазу та органічних добрив, які можна отримати шляхом переробки біологічної сировини та органічних відходів.

Ключові слова: біогаз, субстрат, добрива, переробка, ефективність.

У сільськогосподарському виробництві існують певні фактори, що роблять доречним використання біогазових установок. По-перше, енергія, яка виробляється, є поновлюваною. По-друге, органічні добрива, утворені під час переробки, є екологічно чистими. По-третє, покращується санітарно-епідеміологічний стан довкілля. По-четверте, для роботи в біогазових установках може застосовуватись найрізноманітніша сировина. До того ж виробництво біогазу – це ефективна та інвестиційно приваблива технологія. На жаль, Україна поки перебуває на початковому етапі впровадження відновлюваних джерел енергії, а науково-технічні проблеми виробництва і використання біогазу є недостатньо описаними. Таким чином, вивчення, аналіз та використання світового досвіду виробництва біогазу та запровадження його в аграрних підприємствах України набуває особливої актуальності.

У світовій виробничій сільськогосподарській практиці сформовано два основних напрямки отримання біогазу:

– субстрат зброджують у мезофільному режимі з використанням вертикальних реакторів з робочим об'ємом 1000 м³ і більше (екстенсивний напрямок);

– субстрат зброджують у термофільному режимі з використанням модульних реакторів з робочим об'ємом до 200 м³ (інтенсивний напрямок).

У першому випадку [1, 2, 3] найбільшого поширення набули біогазові установки з використанням реакторів об'ємом від 1 тис. м³. Такі установки забезпечують роботу електричних генераторів потужністю 1...4 МВт. Частина виробленої електроенергії використовується для власних потреб установки та аграрного підприємства (до 35 % виробленої електроенергії), а решта реалізується. До складу класичної біогазової установки (рис. 1) входять збірник компонентів біомаси та біореактори. Завантажують біомасу порціями декілька разів на день. Вихід біогазу, який містить близько 50 % CH₄ та 50 % CO₂, становить до 50 тис. м³/добу, а питомий вихід – до 1,7 м³/м³ біогазової установки за добу. Витрати біогазу на виробництво електроенергії (за коефіцієнта корисної дії генератора 30...35 %) становлять до 0,5 м³/кВт-год.

Установки з вертикальними біогазовими реакторами є досить ефективними та технологічними. Але існують певні проблеми, що можуть виникнути під час їх роботи. Одна з них – це перемішування субстрату, що містить пісок, який осідає на дно. Через це реактор через 5-6 років експлуатації потребує розбирання та очищення, а це є надзвичайно трудомістким процесом. До того ж вихід на робочі технологічні параметри при розгоні метантенків у таких реакторах є складним та слабо контрольованим. Проблемаю є і подальше зберігання великих об'ємів відпрацьованого субстрату, адже для досягнення параметрів, необхідних для внесення в ґрунт, відпрацьований субстрат необхідно витримувати в спеціальних басейнах протягом тривалого часу.

Термін окупності такої біогазової установки – не менше десяти років за терміну експлуатації двадцять років. За цього терміну окупності щорічний прибуток повинен бути більшим за

100...200 тис. євро, а рівень рентабельності виробництва електроенергії – до 35 %. Когенераційну установку можна експлуатувати до десяти років.

Біогаз може використовуватися [4, 5] децентралізованими блочними теплоелектроцентралями для електро- і теплопостачання (когенерація) або подаватися очищеним і збагаченим (біометан) в існуючу газотранспортну мережу. Збагачений біогаз може також використовуватись як паливо в автомобілях замість природного газу, на великих центральних когенераційних установках або для виробництва тепла у високоефективних газових конденсаційних котлах.

Використання біогазу у децентралізованому енергопостачанні сприяє скороченню імпорту енергоносіїв та підвищенню надійності енергопостачання, зокрема, у сільській місцевості. Нині біометан виробляється більш ніж в п'ятнадцятьох європейських країнах. При цьому відбувається подача біометану в мережу природного газу чи біометан використовується як моторне паливо. Загальна кількість біометанових станцій в європейських країнах більше 250 од., з яких більше 200 станцій подають біометан в мережу природного газу. Найдинамічніше виробництво біометану розвивається в Німеччині. Тут перша установка з виробництва біометану почала свою роботу в 2006 р. А до 2014 року кількість біометанових станцій зросла до 169 од. При цьому загальна потужність виробництва біометану збільшилась до 900 млн. м³ в рік.

Важливими етапами в отриманні біометану є збагачення і очищення біогазу [5, 6, 7, 8, 9]. Для того, щоб вироблений біогаз можна було подавати до мережі, його очищують в декілька етапів.

Методи видалення домішок з біогазу залежать від способів його подальшого використання. Так, наприклад, при використанні біогазу для виробництва тепла в котлах, обмеження стосуються лише концентрації H₂S (не більше 1000 млн⁻¹). При цьому немає необхідності видаляти вологу та вуглекислий газ. Якщо ж біогаз застосовують у кухонних плитах, існують вищі вимоги до очистки від H₂S. При спалюванні біогазу в двигунах внутрішнього згоряння також існують певні вимоги до вмісту H₂S (не більше 200 млн⁻¹) та силосанів, а також до надмірного

вмісту вологи (не допускається утворення конденсату). Найсуворіші вимоги до очистки біогазу висуваються у випадку його подачі в мережу природного газу та при прямому використанні в якості моторного палива. В цьому випадку треба збагачувати біогаз до якості природного газу. Екологічна небезпека використання біогазу дуже мала. Виняток становить H_2S , оскільки сірководень навіть у малих дозах є небезпечним для людини, а також викликає швидке зношення і корозійні пошкодження обладнання, газових труб, газоводяних теплообмінників, клапанів. Тому знесірчення має найбільше значення в процесі очищення.

В Європі розрізняють природний газ «H» (High, газ високої якості) і природний газ «L» (Low, газ низької якості). Природний газ «H» складається на 89...98 % з метану. Дещо нижчою є якість природного газу «L». Вміст метану в ньому складає приблизно 85 %. Іншими складниками природного газу є алкани (етан, пропан, бутан, пентан) та інертний газ. Таким чином, якість природного газу може відрізнитися в залежності від регіону виробництва. Тому тільки тоді, коли вимоги відповідного оператора газотранспортної мережі до якості газу задовольняються, біогаз може подаватися в загальну газову мережу. Окрім знесірчення й осушення газу, важливим є відокремлення вуглекислого газу в процесі збагачення біогазу до біометану. При цьому частка вуглекислого газу (CO_2) в біогазі може становити до 45 %. Через певні фізичні властивості вуглекислий газ впливає на теплотворну здатність і теплоту згорання газу, а також на його щільність. На ці показники потрібно звертати особливу увагу при подачі біометану до газотранспортної мережі. Для збагачення біогазу до якості природного газу в Європі застосовуються способи очищення вологим способом під постійним тиском та адсорбція під змінним тиском. Також розвиваються і випробовуються інші технології, наприклад кріорозділення.

При отриманні біогазу іншим способом використовуються невеликі (до 200 м^3) модульні біореактори [2, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15], при цьому технологічний процес та обладнання, що експлуатуються, можуть біти більш технічно складними. Проте тривалість процесу виділення метану і виробництва добрив у 2-3 рази менша, ніж при екстенсивному методі зброджування. До

того ж практично відсутній баласт, забезпечується необхідна рівномірність процесу за всім об'ємом субстрату, спрощується застосування інокуляції органічної маси. При аварійних ситуаціях кількість токсичної та інфекційно небезпечної біомаси на об'єкті піддається контролю, відсутні великі об'єми збродженої біомаси, що частково вирішує проблему її зберігання після виділення біогазу.

Так як в Україні існують необхідні виробничі потужності металургійних і машинобудівних підприємств для створення необхідного обладнання інтенсивного виробництва біогазу, доречним буде розвиток технологій, за яких біомасу зброджують у термофільному режимі з використанням модульних реакторів, що покращить контрольованість ведення технологічного процесу та економічні показники біогазових установок порівняно із використанням реакторів великих об'ємів з екстенсивним методом зброджування.

За технологічну основу таких процесів можна взяти процес метаногенезу біосировини з добовим об'ємом до 300 м^3 , температурним режимом $38...55 \text{ }^\circ\text{C}$ [2, 16]. Процес утворення біогазу (суміш метану $\text{CH}_4 \sim 70 \%$, парів води $\text{H}_2\text{O} \sim 8 \%$, вуглекислого газу $\text{CO}_2 \sim 22 \%$) проходить при забезпеченні герметичності та тиску в робочому об'ємі метанового реактора, періодичному перемішуванні реагуючого субстрату та стабілізації температури на заданому рівні.

Та головною задачею модульних установок є не виробництво біогазу, а переробка посліду та гною на добрива. Також, зважаючи на досить високу собівартість виробництва біогазу ($150...250$ євро за м^3 , без врахування вартості отриманих добрив) добрива будуть основною продукцією такої установки, а біогаз побічною.

Розробкою та дослідженням роботи біогазових установок з реактором до 200 м^3 займаються спеціалісти лабораторії «Біоенергетичних систем», що функціонує на базі Національного університету біоресурсів і природокористування та Житомирського національного агроекологічного університету. Наприклад, було досліджено процес роботи біогазової установки для невеликого фермерського підприємства. Установка складається із

приймача сировини, двох реакторів: попереднього та основного зброджування (ємністю по 180 м³ кожен), газгольдера, ресивера, насосів для перекачування сировини.

За технологічну основу прийнято процес метаногенезу субстрату на основі пташиного посліду чи гною з добовим об'ємом до 20 м³, температурним режимом 38...45 °С. Субстрат має кислотність 6,5...7 од., вологість 90...95 %, фракційний склад з максимальним розміром твердих складових до 15 мм, допустиме відхилення температури в анаеробному реакторі в межах ±2 °С. Доза добового завантаження 10 %, воно здійснюється кожні 2 год. Експозиція анаеробного зброджування від 10 до 20 діб у залежності від вибраного температурного режиму.

Отриманий біогаз проходить процеси знесірчення та видалення надлишкової вологи в спеціальних фільтрах. Добова продуктивність установки складає 200...220 м³ біогазу. Отриманий газ використовується для теплових потреб.

Відпрацьований субстрат після спеціальної доробки використовується як добриво для органічного виробництва. Установка виробляє до 150 тон/рік добрив в сухій масі, що мають відповідний сертифікат. Обслуговує установку одна людина, а управління здійснюється з використанням комп'ютерного програмного забезпечення.

Усі елементи установки, окрім насосів та деяких елементів комп'ютерної системи керування, вироблено в Україні.

Висновки

Виробництво біометану та подавання його в загальну газотранспортну мережу за «зеленим тарифом» дозволить підвищити ефективність аграрного виробництва, зменшити використання викопних непоновлюваних джерел енергії, скоротити забруднення природного середовища токсичними речовинами та парниковими газами. Та для цього необхідно вирішити ряд техніко-технологічних проблем, що пов'язані з очисткою та збагаченням біогазу в умовах сільського господарства.

Основними перевагами запровадження біогазових установок у невеликих фермерських підприємствах є утилізація відходів утримання тварин, отримання екологічно чистого органічного добрива та розвиток українського промислового виробництва. До

того ж вироблений біогаз дозволить зекономити кошти при закупівлі паливно-енергетичних ресурсів.

Список використаних джерел інформації

1. Руководство по биогазу. От получения до использования / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). 5-е издание. – Гюльцов: Германия, 2012. – 213 с.
2. Технологія переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами / [Г. А. Голуб, О. В. Сидорчук, С. М. Кухарець та ін.; за ред. Г. А. Голуба] – К.: НУБіП України, 2014. – 106 с.
3. Технічні та технологічні пропозиції отримання енергії із сировини сільськогосподарського походження / С. М. Кухарець, Г. А. Голуб, О. В. Скидан, О. Ю. Осипчук // Вісник ЖНАЕУ. – 2015. – № 2 (50), т. 1. – С. 369–385.
4. Голуб Г. Особливості конструкції модульної біогазової установки з обертовим реактором / Г. Голуб, С. Кухарець, Б. Рубан // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 9 (60). – С. 10–14.
5. Гелетуша Г. Г. Перспективи виробництва та використання біометану в Україні. / Г. Г. Гелетуша, П. П. Кучерук, Ю. Б. Матвеев // Аналітична записка Біоенергетичної асоціації України №11 – 2014 г. – 42 с.
6. Куріс Ю. В. Біогазові технології. Енергетичні та екологічні аспекти / Ю. В. Куріс, І. Ф. Червоний // – Запоріжжя: ЗДІА, 2010 – 487 с.
7. Руководство по биогазу. От получения до использования / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). 5-е издание. – Гюльцов: Германия, 2012. – 213 с.
8. Шульц Рейнхард. Виробництво і використання біогазу в Україні [Шульц Рейнхард, Юрген Кооп, Жанет Хохі та ін.]– Рада з питань біогазу (Biogasrat e.V.), 2012 – 74 с.
9. Tasneem Abbasi. Biogas Energy. / T Abbasi, S. Tauseet, S. Abbasi // New York: Springer, 2012. – 169 p.
10. Пат. 110077 Україна, МПК C02F 11/04, C02F 3/28. Метантенк / Голуб Г. А., Кухарець С. М.; заявник і патентовласник Нац. ун.-т. біоресурсів і природокристування України. – №a201409259; заявл. 19.08.2014; дата публікації 10.11.2015, Бюл. № 21.

11. Голуб Г. А. Енергетична автономність агросистем / Г. А. Голуб // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 3 – С. 50–54.
12. Кухарець С. М. Обґрунтування енергетичних витрат на привід обертового реактора біогазової установки / С. М. Кухарець, Г. А. Голуб // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України / ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2014. – Вип. 18 (32), кн. 2. – С. 356–364.
13. Кухарець С. М. Сировинна база та ефективність виробництва біогазу / С. М. Кухарець, Г. А. Голуб // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК. – 2015. – Вип. 212, ч. 1. – С. 11–20.
14. Механіка руху частинок по обертових лопатках реакторів зброджування / Г. Голуб, С. Кухарець, О. Марус, Я. Ярош // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 3 (78). – С. 10–13.
15. Голуб Г. Сучасні тенденції розвитку біогазових установок / Г. Голуб, В. Войтенко, Б. Рубан, В. Єрмоленко // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 2 (29). – С. 18–21.
16. Кухарець С. М. Підвищення енергетичної автономності агроecosистем. Механіко-технологічні основи : монографія / С. М. Кухарець. – Житомир : ЖНАЕУ, 2016. – 192 с.