

УДК 662.767.2:624.191.94

Голуб Г., д-р техн. наук, професор, Осауленко С., канд. екон. наук, (НДІ техніки і технологій НУБіП України)

## Досвід використання біогазових установок у Польщі

*Наведено стан питання, а також досвід використання біогазових установок у Польщі.*

**Ключові слова:** біогазова установка, вологість біомаси, рентабельність, термін окупності.

**Суть проблеми.** Значними споживачами паливно-енергетичних ресурсів є вітчизняні аграрні підприємства, тому перед ними постає об'єктивна необхідність впровадження інноваційних енергоощадних технологій, орієнтованих на виробництво біологічних видів палива, що їх отримують в результаті переробки біологічної сировини та органічних відходів.

Виробництво біогазу – ефективна та інвестиційно приваблива технологія, проте Україна перебуває на початковому етапі впровадження відновлюваних джерел енергії, а науково-технічні та економічні проблеми виробництва і використання біогазу недостатньо вивченими. Таким чином, вивчення іноземного досвіду щодо зазначених проблем та запровадження його в аграрних підприємствах України набуває особливої актуальності.

**Аналіз останніх досліджень.** Насамперед проблема диверсифікації енергетичних джерел постає перед країнами-імпортерами видобувної паливної сировини, якою є й Україна. Вона не має в достатній кількості власних запасів паливно-енергетичних

ресурсів, а тому залежить від імпортерів, які поставляють 75 % необхідного обсягу природного газу і 85 % нафти та нафтопродуктів і встановлюють з року в рік дедалі вищі ціни [1].

За даними Балтійського агентства використання енергії, швидке зростання капіталовкладень у біогазові технології спостерігається в Польщі, де планується побудувати 2 тис. біогазових установок (БГУ) загальною потужністю 1000 МВт, тому аналіз досвіду роботи існуючих установок, які послугували пілотними проектами для формування цих планів, є актуальним [2].

Одна з проблем, яка виникає під час роботи вертикальних реакторів БГУ, це перемішування субстрату, оскільки він містить пісок, який осідає на дно, а тому реактор через 5-6 років потребує розбирання і очищення, що є надзвичайно трудомісткою операцією. Науковцями Вармінсько-Мазурського університету в Ольштині запропоновано використання обертових реакторів, які встановлюються на котках і не потребують використання перемішувальних пристроїв.

В Україні науковці також активно працюють над

розробленням реакторів БГУ. Відомі пристрої для анаеробного бродіння органічної маси, як правило, містять корпус, трубопроводи для подачі гною або посліду, відведення збродженої маси та біогазу, а відрізняються між собою конструкцією пристроїв для перемішування маси під час збродження. Найчастіше перемішування здійснюють за допомогою вала з лопатями, що забезпечує пошарове перемішування зброджуваної маси. Крім того, перемішування здійснюють гідравлічними та механічними пристроями, що забезпечують забір маси з нижніх шарів метантенка та подачу її у верхню частину. В деяких реакторах перемішування здійснюють за рахунок тиску біогазу. Біогазові установки, що працюють в інтенсивному режимі, мають, як правило, камери аеробного (кислого) бродіння, де відбувається підготовка маси, та анаеробного (метанового) бродіння. Є також пристрої для перемішування маси, виконані у вигляді вала з лопатками, розміщеного по вертикальній осі корпуса та прикріпленого до верхньої частини плаваючого газового ковпака. Перемішування маси в реакторі відбувається за рахунок обертання вала з лопатками та переміщення плаваючого переkritтя. Деякі пристрої забезпечують лише розбивання кірки, що утворюється на поверхні оброблюваної маси. Перемішування досягають також шляхом використання перегородок та сифону двосторонньої дії, що забезпечує почергове переливання маси з нижньої зони однієї секції у верхню зону другої і навпаки за рахунок регулювання тиску газу. Деякі метантенки виконані у вигляді сфери або циліндра і мають можливість обертатися навколо своєї геометричної осі [3, 4].

Попереднє метанове збродження гною та посліду дозволяє підвищити якість компосту та субстрату. Це відбувається за рахунок того, що під час метанового бродіння без доступу кисню аміачний азот переходить в амонійну форму, що в наступному, під час аеробної ферментації, забезпечує зменшення втрат азоту. Отриманий на основі збродженого гною та посліду субстрат забезпечує збільшення врожайності печериць на 20–30% [5].

В Україні був розроблений і експлуатувався комплект обладнання біогазової установки типу К-Р-9-1 [6], до складу якого входили два горизонтальних реактори об'ємом по 125 м<sup>3</sup>, але через високу вартість та металомісткість, а також низку недоліків, пов'язаних із недосконалістю системи перемішування субстрату, він не знайшов застосування. Суттєві недоліки існуючих реакторів та наявність великої кількості розробок свідчить про необхідність урахування досвіду експлуатації різних типів БГУ.

У Європейському Союзі найбільшого поширення набули біогазові установки з використанням реакторів об'ємом від 1 тис. м<sup>3</sup> [7, 8].

Нами також розроблено і запатентовано кілька конструкцій модульних метантенків обертового типу [9], які дозволяють ефективно перемішувати субстрат та не

допускати його розшарування під час збродження.

**Мета дослідження** – проаналізувати досвід виробництва і використання біогазових установок у Польщі.

**Результати досліджень.** Одна з найбільших біогазових установок у Польщі (рис. 1) забезпечує роботу двох електричних генераторів потужністю 1063 кВт. Резервна котельня має потужність 1900 кВт. Для власних потреб свиноферми на 8 тисяч свиноматок з поросятами використовується 20% виробленої електроенергії, а решта реалізується.

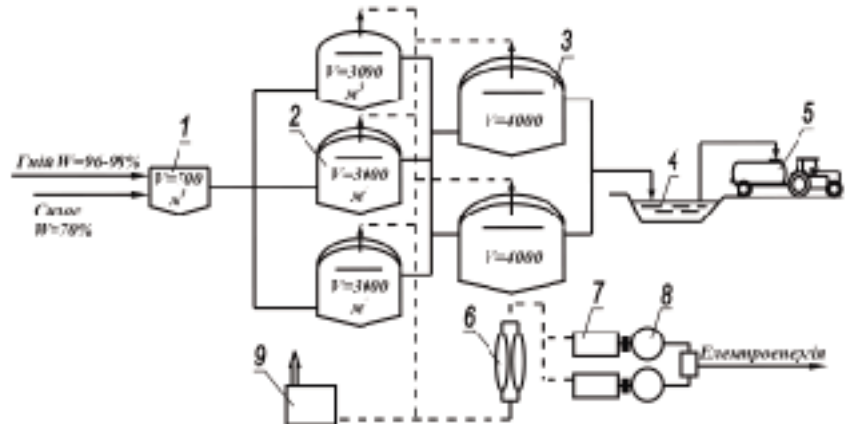


Рис. 1. Схема біогазової установки:

1 – місткість для прийому біомаси; 2 – місткість для метанового бродіння; 3 – місткість для дозбродження; 4 – сховище збродженої маси; 5 – вивезення збродженої маси на поля; 6 – пристрій для очищення біогазу; 7 – газоподій внутрішнього згорання; 8 – електричний генератор; 9 – газова котельня

До складу біогазової установки (рис. 2) входить збірник компонентів біомаси – 700 м<sup>3</sup>, три реактори об'ємом по 3000 м<sup>3</sup> (рис. 3) та два реактора об'ємом по 4000 м<sup>3</sup> для дозбродження біомаси. Біомасу завантажують 12 разів на день. Вихід біогазу, який містить 50% CH<sub>4</sub> та 50% CO<sub>2</sub>, становить 24 тис. м<sup>3</sup>/добу, а питомий вихід – 1,36 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> за добу. Витрати біогазу на виробництво електроенергії, за коефіцієнта корисної дії двигуна 30-35%, становить 0,5 м<sup>3</sup>/кВт·год.



Рис. 2. Загальний вигляд біогазової установки



Рис. 3. Загальний вигляд реакторів біогазової установки

Біомаса після зброджування вноситься цистернами на поля два рази на рік (восени і весною). Вимоги до внесення дуже жорсткі. Максимальна доза внесення розраховується виходячи з норми 150 кг азоту на гектар. На похилих полях біомасу після зброджування вносити заборонено (у цьому випадку використовують лише міндобрива). З листопада по березень внесення зброженого гною взагалі заборонено через промерзання ґрунту.

В реакторі для зброджування розміщено дві мішалки вертикального типу і одна з похилим валом, які забезпечують дотримання однорідності зброжуваної біомаси. Температура в основних реакторах-ферментерах підтримується на рівні 40-41 °С, у дозброжувачах – 36-38 °С. Загальний час зброжування біомаси становить 70 діб. Параметри біомаси для зброжування: рН від 5,5 до 6,5 для кислої фази і від 6,8 до 7,2 – для метанової фази, співвідношення С:N:P:S=600:15:5:1; співвідношення С:N від 15:1 до 30:1, вміст сухої маси – від 8 до 10%. Запах гною на території повністю відсутній, чути лише незначний запах силосу.

При виході гною 19-21 кг/гол. за добу від 8 тисяч маток з поросятами, загальний вихід гною становить 150-170 т/добу, добове завантаження біогазової установки – 210-235 тонн за рахунок додавання силосної маси.

Додавання останньої обумовлено необхідністю згущення рідкого гною до вологості, яка оптимальна для метанового бродіння. Перекачування біомаси забезпечує насосна станція (рис. 4).



Рис. 4. Насосне відділення біогазової установки

Добова доза силосу, яку необхідно додати до рідкого гною для забезпечення оптимальної вологості біомаси, можна визначити з виразу:

$$M_c = M_r \frac{W_r - W_{сум}}{W_{сум} - W_c}$$

де  $M_c$  – маса силосу, яку необхідно додати до рідкого гною для забезпечення оптимальної вологості біомаси, т;  $M_r$  – добова доза гною для завантаження реактора, т;  $W_r$ ,  $W_c$  – відносна вологість гною та силосу, %;  $W_{сум}$  – оптимальна вологість біомаси для роботи реактора, %.

Так, наприклад, за відносної вологості гною 96 % та силосу 70 %, а також оптимальної вологості біомаси 90 % для роботи реактора, додавання силосу повинно становити 30 % від маси рідкого гною.

Загальні капіталовкладення на будівництво БГУ становлять 4 млн EUR. Річне виробництво біогазу становить 9 млн м<sup>3</sup>, а річне виробництво електроенергії з біогазу – 17 млн кВт·год, з якої 80% надходить для реалізації. Приведення електричних генераторів забезпечується 20-циліндровим V-подібним двигуном внутрішнього згорання (рис. 5).



Рис. 5. Когенераційна установка

Вартість проданої електроенергії при тарифі 0,114 EUR/кВт·год становить 1,5 млн EUR.

Термін окупності біогазової установки – не менше десяти років за терміну експлуатації, який становить двадцять років. За такого терміну окупності БГУ щорічний прибуток становить 400 тис. EUR, а рівень рентабельності виробництва електроенергії – 36 %. Термін експлуатації когенераційної установки – десять років.

Потужність когенераційної установки – 500 кВт. Горизонтальні біогазові реактори коштують 1,6 млн EUR, тобто дорожчі порівняно з вертикальними реакторами, вартість яких – 1 млн EUR. За такої потужності когенераційного блоку виробництво метану за рік становитиме близько 1 млн м<sup>3</sup>, а мінімальна площа для посіву кукурудзи – близько 200 га (за урожайності 40-50 т/га силосу).

Підготовка до побудови біогазової установки займає два роки, а саме будівництво – півроку. Вартість зброженого гною в економічному аналізі не враховується, оскільки ринок таких добрив відсутній. Головна проблема крупномасштабної БГУ – це утилізація зброженого гною. Щоб зменшити кількість гною, необхідно будувати менші ферми. Населення протестує проти побудови великих ферм і відповідних біогазових установок. Люди просто не хочуть, щоб одні заробляли гроші на продажі тваринницької продукції, а інші використовували гній, хоча для органічного землеробства це досить цінне добриво.

Обслуговуючий персонал складається з шести працюючих, в т.ч. двох постійних працівників, а керування установкою здійснюється з використанням комп'ютерного програмного забезпечення (рис. 6). Інвестиції в БГУ розподіляються, як правило, таким чином: 30 % становить дотація держави, не більше 10 % – приват-



ний капітал, а все інше – пільгові кредити банків під 5 % з терміном погашення десять років.



Рис. 6. Комп'ютерне управління біогазової установки

Витрати на утилізацію гною мають включатися у собівартість тваринницької продукції. У цивілізованому світі починають звертати увагу на те, в яких умовах вироблена продукція та чи не завдало її виробництво шкоди навколишньому середовищу.

Вихід біогазу становить: з гноївки – 20-50 м<sup>3</sup>/т, з рослинних субстратів – 170-200 м<sup>3</sup>/т. У перерахунку на суху органічну масу це становитиме 300-800 м<sup>3</sup>/т. Вміст метану в біогазі при зброджуванні гною становить 60%, а при зброджуванні рослинних субстратів – 50-55%.

У Польщі виробіток електроенергії на ТЕЦ обмежений квотами на викиди CO<sub>2</sub>, а тому виробник для збільшення виробництва електроенергії намагається або купити біопаливо для спалювання разом із вугіллям, або купити додаткові квоти на викиди CO<sub>2</sub>. Біогазова установка не виділяє CO<sub>2</sub> при виробництві електроенергії, а тому є можливість продати квоти на виділену CO<sub>2</sub> на біржі за ціною 15-30 EUR/т CO<sub>2</sub>.

Вартість електроенергії включає: оплату за неї – 197 злотий/МВт·год, "зелений" тариф за виробництво електроенергії без викидів CO<sub>2</sub> – 268 злотий/МВт·год. Може бути також "жовтий" сертифікат за виробництво тепла без викидів CO<sub>2</sub> – 129 злотий/МВт·год, та "фіолетовий" сертифікат за подачу метану в газову мережу. При виробництві електроенергії її ціна становитиме 465 злотий/МВт·год або приблизно 114 EUR/МВт·год.

Отже, можна зробити висновок, що перевагами від запровадження біогазових установок є: зменшення використання викопних непоновлюваних джерел енергії, зменшення забруднення природного середовища токсичними речовинами та парниковими газами, утилізація відходів утримання тварин, одержання екологічно чистого органічного добрива, економія коштів при закупівлі паливно-енергетичних ресурсів.

Україна має сировинний потенціал для виробництва біогазу, який за сучасних ринкових умов може дозволити замінити 4-7 % річного виробництва електроенергії [10]. Однак, як показує іноземний досвід, розвиток галузі біопалива можливий лише за умов активного залучення держави до стимулювання та визначення основних засад розвитку відновлювальної екологічної енергії.

Урядом України запроваджено нові законодавчі норми, спрямовані на підтримку виробництва енергії з альтернативних джерел "зелений тариф" і запропоно-

вано виробникам цієї енергії деякі пільги – податкові і звільнення імпортного мита під час ввезення обладнання. Такі заходи Уряду можуть стимулювати залучення інвестицій та збільшення виробництва енергії з біомаси.

**Висновок.** Найбільшого поширення у Польщі набули біогазові реактори вертикального типу, однак останнім часом, зважаючи на істотні недоліки таких реакторів, починають використовуватися горизонтальні біогазові реактори.

#### Список літератури

1. Производство биотоплива: опыт, проблемы, перспективы / [З.М. Ильина, В.И. Бельский, Н.Н. Лепетило и др.]. – Минск: Ин-т НАН Беларуси, 2008. – 72 с.
2. Baltycka Agencja Rozczarowania Energii [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bape.com.pl>.
3. Спосіб переробки відходів: Патент 21889 Україна, МКИ6 С 02 F 11/04. / Стюарт Е. Еріксон (США) – №93101337; заявл. 27.07.93; опубл. 30.04.98, Бюл. №2 // Промислова власність. Офіційний бюлетень. – 1998. – №2.
4. Установка для получения биогаза: А.с. 1606468 СССР, МКИ5 С 02 F 11/04. / Ш.Ж. Имомов, С.П. Рудобашта, А.Г. Пузанков, Б.Ф. Рахманов, В.И. Бородин (СССР) – №4605072/23-26; заявл. 14.11.88; опубл. 15.11.90, Бюл. №42 // Открытия. Изобретения. – 1990. – №42.
5. Патент 278486 НДР, МКИ А 01 G 4. Verfahren zur Herstellung von Champignonkultursubstraten / P. Schencke, G. Vollmer, G. Riechel, M. Schon, G. Franzke (НДР); Institut fur Biotechnologie. – №3238511; заявл. 23.12.88; опубл. 09.05.90. – 3 с.
6. Мовесов Г.Є., Ляшенко О.О. Основні положення технології біогазового (анаеробного метанового) зброджування органічних відходів: Рекомендації / Інститут механізації тваринництва НААН України. – Запоріжжя: ІМТ НААН України, 2010. – 29 с.
7. O. Hacke, M. Helm. Biogas von A bis Z. – Borsig Energy GmbH, 2001. – 47 p.
8. В. Drescher. Проекты МТ: Эффективность в многообразии. – МТ-Energie GmbH & Co, 2010. – 35 с.
9. Голуб Г.А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК / Редколегія: Д.О. Мельничук (відповідальний редактор) та ін. – К., 2010. – Вип. 144. – ч. 4. – 417 с. – С. 303-312.
10. Кузнєцова А./ А. Кузнєцова, К. Куценко // Біогаз та "зелені тарифи" в Україні – чи вигідне інвестування?// Інститут економічних досліджень та політичних консультацій. – К., 2010.- 40 с.

**Анотація.** Описано состояние вопроса, а также опыт использования биогазовых установок в Польше.

**Summary.** The status of the issue, as well as experience in the use of biogas plants is shown in the Poland.

Стаття надійшла до редакції 26 серпня 2014 р.