

УДК 628.35; 62-62

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

*Г. Дмитрів, ст. викладач, В. Дмитрів, к.т.н.
Львівський національний аграрний університет*

Ключові слова: метантенк, метан, біогаз, структурна модель, органічна маса, утилізація гною.

Розглянуто особливості технологічного процесу виробництва біогазу, наведено структурно-функціональну модель, методику розрахунку технологічних параметрів процесу. Теоретично змодельовано вихід біогазу і процентний вихід метану протягом заданої тривалості бродіння.

Постановка проблеми. Успішне функціонування тваринницького підприємства залежить від утилізації відходів. Це актуально для тваринницьких ферм з високою продуктивністю продукції, але з малими площами території, що зумовлює нагромадження значних обсягів органічних відходів і створює проблему їх утилізації та зберігання. За відсутності достатньої площі для екскрементів тварин значно збільшуються енерговитрати на переробку й вивезення гною на поля. За існуючих технологій утилізації гній погано переробляється в короткі терміни і завдає відчутної шкоди навколишньому середовищу, забруднює водойми та є джерелом інфекції.

Одним із перспективних напрямів утилізації гною в умовах екологічних обмежень є біохімічне перетворення шляхом анаеробного зброджування в біореакторах – метантенках, оскільки це вирішує питання енерго- і ресурсозбереження, охорони навколишнього середовища.

Для широкого впровадження технології виробництва біогазу в Україні необхідно запропонувати мінімальний набір недорогого комплексу споруд і обладнання. Тому розробка структурно-функціональної схеми й вибір оптимальних режимів технологічного процесу виробництва біогазу є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технологічний процес виробництва біогазу належить до анаеробного зброджування біологічних відходів і вважається мікробіологічним способом переробки. У результаті бродіння виділяється біогаз (метан) і отримують якісні добрива без втрат азоту, фосфору і калію [1; 3 – 6; 8; 11; 13].

На сьогодні біогазові установки використовуються більш ніж у 55 країнах, у тому числі в промислово розвинутих – Китаї, США [10], Німеччині [15], Франції [2], Англії і Японії [16], Швейцарії [14], Чехії [12].

Промисловість виготовляє комплект обладнання для анаеробного зброджування “Кобос” і К-Р-9-1, які рекомендують використовувати на тваринницьких фермах на 400...800 голів великої рогатої худоби, а також на 3...6 тис. голів свиней [6; 7; 9; 11].

Попит на виробництво біогазу продиктований потребою енергозбереження, а також технологічною модою у сфері утилізації відходів, що є актуальним і економічним способом їх переробки.

Постановка завдання. Завдання дослідження – розробити структурно-функціональну модель технологічного процесу виробництва біогазу з біологічних відходів.

Виклад основного матеріалу. Важливим критерієм ефективного виробництва біогазу (метану) є інтенсивність метанового зброджування, що визначається концентрацією активної біомаси в метантенку. Концентрація активної біомаси залежить від багатьох чинників, серед яких важливе місце відводять технологічним параметрам процесу, зокрема температурі, концентрації сухої органічної частки в розчині біомаси, показникам рН реакції зброджувального середовища. Ці параметри залежать від технологічного процесу підготовки субстрату перед подачею в метантенк (біологічний реактор), конструкції обладнання та його місткості.

Стабілізація концентрації активної біомаси в метантенку можлива при здатності метаноутворювальних мікроорганізмів закріплюватись в макроструктури шляхом іммобілізації на поверхні носія. Характеристикою такої стабілізації є швидкість росту мікроорганізмів на поверхні носія (поверхня біомаси в метантенку). Швидкість росту μ мікроорганізмів можна визначити за залежністю Ж. Моно, помноживши на площу поверхні S_M :

$$\mu = \frac{\mu_\gamma \cdot \gamma}{k_\gamma + \gamma} \cdot S_M, \quad (1)$$

де μ_γ – питома швидкість росту мікроорганізмів, дб^{-1} ; γ – концентрація субстрату, кг/м^3 ; k_γ – коефіцієнт насичення; S_M – площа поверхні метантенка.

Концентрацію субстрату для метанового зброджування можна описати залежністю

$$\gamma = f(S_M, T_M, \delta, \rho, \tau_{\text{бр}}, L_{\text{БПК.п}}), \quad (2)$$

де T_M – температура зброджування (за якої протікає процес виробництва біогазу), $^{\circ}\text{C}$; δ – товщина шару активної біомаси, м; ρ – густина біомаси,

кг/м³; $\tau_{\text{бр}}$ – тривалість зброджування, діб; $L_{\text{БПК.п.}}$ – біологічна потреба в кисні повна (БПК.п.) органічної маси.

Теоретичною моделлю виробництва біогазу може бути модель Конто, яка використовується для органічних відходів різних видів і записується у вигляді:

$$V_M = \frac{B_0 \cdot \gamma}{\tau_{\text{бр}}} \left(1 - \frac{k_\gamma}{\mu \cdot \tau_{\text{бр}} - 1 + k_\gamma} \right), \quad (3)$$

де V_M – теоретичний добовий вихід біогазу, м³/добу; B_0 – питомий вихід біогазу (метану) з органічної маси в метантенку, м³/кг.

Нами запропонована структурно-функціональна модель лінії виробництва біогазу (рис. 1).

За такої функціональної моделі будемо вважати, що в метантенк надходить повністю підготовлена органічна маса: температура відповідає термофільному режиму бродіння ($T_M = 54 \dots 56$ °C); вологість вище 99 %; вміст абсолютно сухої органічної речовини на рівні 0,2...0,35 кг; рН органічної маси на рівні 7,0.

Наведені залежності (1-3) дозволяють сформувати модель (4) оптимізації місткості метантенка, добової дози завантаження органічної маси, продуктивності біогазової установки залежно від технологічних параметрів процесу зброджування:

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \frac{\mu_\gamma \cdot \gamma}{k_\gamma + \gamma} \cdot S_M \\ \gamma &= f(S_M, T_M, \delta, \rho, \tau_{\text{бр}}, L_{\text{БПК.п.}}) \\ V_M &= \frac{B_0 \cdot \gamma}{\tau_{\text{бр}}} \left(1 - \frac{k_\gamma}{\mu \cdot \tau_{\text{бр}} - 1 + k_\gamma} \right) \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

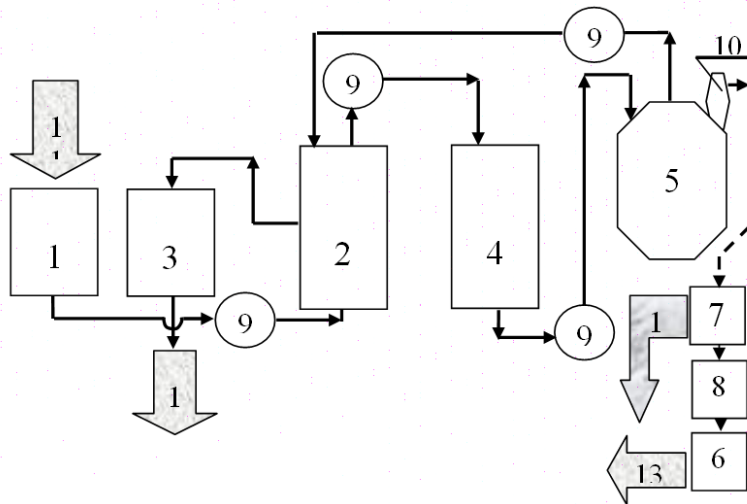


Рис. 1. Структурно-функціональна модель технологічного процесу виробництва біогазу: 1 – місткість-накопичувач екскрементів; 2 – теплообмінник-мішалка; 3 – місткість для відпрацьованої біомаси; 4 – накопичувач; 5 – метантенк; 6 – газгольдер; 7 – збірник конденсату; 8 – компресор; 9 – фекальні насоси; 10 – фільтр-очищувач метану; 11 – транспортна система подачі екскрементів; 12 – видача відпрацьованої біомаси; 13 – видача товарного метану; 14 – злив конденсату.

Для заданих технологічних параметрів з урахуванням характеристик органічної маси (свинячого гною) [3; 4; 9; 10] теоретично змоделивали вихід біогазу залежно від тривалості бродіння (рис. 2).

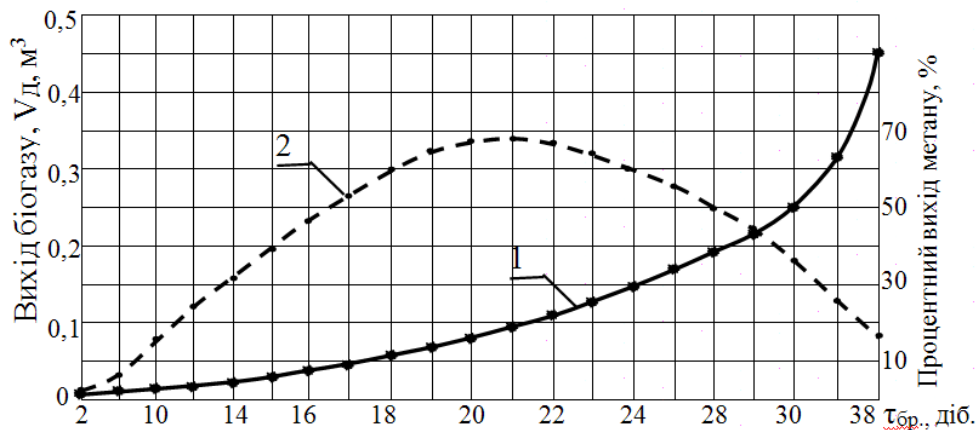


Рис. 2. Теоретичний вихід біогазу (1) та відсотковий вихід метану (2) залежно від тривалості зброжування органічної маси в метантенку.

Об'єм метантенка під час моделювання прийняли 5 м^3 , одноразове завантаження. Ступінь розкладання органічної маси прийняли 40 %. Відсотковий вміст метану в біогазі приймали на рівні 65 %.

Теоретичний вихід біогазу з урахуванням залежності (3) розраховували за формулою

$$V_{\text{д}} = \sum_{i=1}^n V_{\text{М.і}}, \text{ м}^3, \quad (5)$$

де n – загальна тривалість бродіння органічної маси, діб.

Висновки. 1. Максимальний вихід біогазу в теоретичному розрахунку є на 20-22-й день бродіння органічної маси. Допустима тривалість бродіння органічної маси за одноразового завантаження метантенка не повинна перевищувати 32...34 діб.

2. Теоретичний розрахунок виходу біогазу за періодичного часткового перезавантаження метантенка (відсоток довантаження органічної маси при такому ж відсотку вивантаження відпрацьованої маси) є наближеним через недостовірність хімічного складу маси при її змішуванні з новою дозою органіки.

Бібліографічний список

1. Огляд відновлюваних джерел енергії в сільському та лісовому господарстві України [Електронний ресурс] / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна, Г. М. Голубовська-Онісімова, А. Є. Коненченков. – К. : Інст-т екон. досліджень та політ. консультацій, 2006. – 58 с. – Режим доступу : http://www.ier.com.ua/files//Konsult_Work_Ukr/AgPP%2006_Ukr.pdf.

2. Ковалев Н. Г. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах / Н. Г. Ковалев, И. К. Глазков. – М. : Агропромиздат, 1989.-160 с.

3. Механизация подготовки к использованию органических отходов ферм и комплексов : Обзор. Информация / В. Д. Савин, В. М. Шрамков, Е. И. Жирков [и др.]. - М. : ВНИИТЭИагропром, 1992. - 44 с.

4. Лісничий В. М. Сучасний стан та перспективи розвитку отримання біогазу в Україні / В. М. Лісничий, Ю. О. Цаплін // Енергія із біомаси : матеріали Четвертої між нар. Конф. (Київ, 22–24 вересня 2008 р.) / В. М. Лісничий, Ю. О. Цаплін. – К. : ІТТФ НАНУ, 2008. – С. 299–300.

5. Ковалев А. А. Перспективы применения анаэробного сбраживания для переработки навоза / А. А. Ковалев, П. И. Гриднев // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 1985. – № 8. – С. 38 - 39.

6. Ясенецкий В. А. Оборудование для получения биогаза из навоза / В. А. Ясенецкий, В. С. Таргоня // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 1990. – № 6. – С. 23 - 25.

7. Биоэнергетическая установка для переработки навоза / А. Г. Пузанков, В. И. Бородин, Ю. И. Гребцов [и др.] // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 1994. – № 5 - 6. – С. 7 - 8.

8. Шевченко І. А. Шляхи використання органічних відходів тваринництва / І. А. Шевченко, В. М. Павліченко, О. О. Ляшенко // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві : зб. наук. пр. Інституту механізації тваринництва УААН. Випуск 1 (3–4). – Запоріжжя : ІМТ УААН, 2009. – С. 3–16.

9. Николаев А. И. Ветромеханическая биогазовая установка / А. И. Николаев // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 1994. – № 5 - 6. – С. 9.

10. Фокина В. Д., Переработка навоза в биогаз / В. Д. Фокина, А. Н. Хитров. – М. : НИИТЭИСХ, 1981. - 50 с.

11. Technische Neuentwicklungen landwirtschaft-licher Biogasanlagen // Korrespondenz Alwasser. – 1983. – № 6. – S. 406 - 416.

12. Гришин Б. М., Оборудование для разделения жидкого навоза / Б. М. Гришин, А. И. Бойцов // Механизация и электрификация сел. хоз-ва 1995. – № 9 - 10. – С. 13 - 14.

13. Wastetreatment in agriculture // Applied Scince. – London, 1978. – P. 1 - 256.

14. Gobel W. Biogasanlagen: Reizvolle Hufgabe fur Ingenieure / W.Gobel // Schweizerische technische Zeitschrift. – 1982. – № 24. – S. 4 - 7.

15. Штясны М. Производство и применение биогаза / М. Штясны, Х. Гриммова. – Прага : ИНТИСХ, 1980. - 37 с.

16. Семененко И. В. Проектирование биогазовых установок / И. В. Семененко. – Сумы : ПФ "МакДен ", ИПП "Мрия-1" ЛТД, 1996. – 347 с.

Dmytriv G., Dmytriv V. Structural-Functional Model Technological Process Productions Of Biogas.

The features of technological process of production of biogas are considered, a structural-functional model over, methodology of calculation of technological parameters of process, is brought. In theory the exit of biogas and percent exit of methane are modelled during the set duration of fermentation.

Key words: methane-tank, methane, biogas, structural model, organic mass, utilization of pus.

Дмитрив Г., Дмитрив В. Структурно-функціональна модель технологичес-кого процесса производства биогаза.

Рассмотрено особенность технологического процесса производства биогаза, приведены структурно-функциональная модель, методика расчета технологических параметров процесса. Теоретически промоделировано выход биогаза и процентный выход метана на протяжении всего периода брожения.

Ключевые слова: метантэнк, метан, биогаз, структурная модель, органическая масса, утилизация навоза.