

УДК 631.2:658.261/.262

Визначення добового виходу біогазу побутових біореакторів

Е.С. Малкін¹, В.М. Желих², Ю.В. Фурдас³

¹д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва та архітектури, saodhar@gmail.com

¹д.т.н., доцент, Національний університет «Львівська політехніка», Україна

¹аспірант, Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Розглянуто метод інженерного розрахунку, який можна використовувати для визначення добового виходу біогазу побутових біогазових установок, що експлуатуються на фермерських господарствах. За його допомогою можна визначити об'єм добового завантаження сировини та максимальний вихід біогазу. Встановлено графічні залежності, які можна використовувати під час проектування побутових біогазових систем для отримання біогазу та утилізації сільськогосподарських відходів.

Ключові слова: біореактор; біогаз; процес метанотворення; біомаса; анаеробне бродіння.

Вступ. Рухомість повітря в приміщенні, на рівні з температурою та відносною вологістю, суттєво впливає на комфортні відчуття і самопочуття людини. Відсутність руху повітря в приміщенні сприймається часто як дискомфорт. Причина дискомфорту полягає у тому, що навколо людини утворюється свого роду повітряна оболонка насичена вологою, що в свою чергу погіршує тепловіддачу людського тіла. Легкий рух повітря запобігає утворенню такого явища. З іншого боку надмірна швидкість руху повітря викликає збільшення тепловтрат людським організмом і призводить до його переохолодження.

Актуальність роботи. Проблема раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів в Україні у різних галузях промисловості та сільського господарства є дуже актуальною. Тому необхідний пошук шляхів задоволення енергетичних потреб не тільки серед традиційних енергоносіїв, але й застосування альтернативних джерел енергії. Одним зі шляхів успішного вирішення цієї проблеми є використання біогазу - продукту анаеробного бродіння органічних відходів сільськогосподарського виробництва, як альтернативи природньому газу.

Біореактор – основа будь-якої біогазової установки, тому до його конструкції висуваються досить жорсткі вимоги. Корпус біогазового реактора повинен бути досить міцним при абсолютній його герметичності. Обов'язковою вимогою є надійність теплоізоляції стінок та їх властивість протистояти корозії. При цьому необхідно передбачити можливість завантаження та вивантаження біореактора органічною масою, а також доступ до його внутрішнього простору для обслуговування. Важливими є вимоги до сировини. Вона має бути придатна для розвитку бактерій, містити органічну речовину, що біологічно розкладається,

й у великій кількості воду (90 – 94 %). Необхідно, щоб середовище було нейтральним і без домішок, які перешкоджають життєдіяльності бактерій. Одним з основних чинників ефективного перебігу процесу ферментації є температура біомаси, що зброджується. Для інтенсифікації процесу метаноутворення шляхом збурення і усунення плівки на поверхні органічної маси у метантенках використовують систему перемішування.

Мета та завдання дослідження. Встановити залежності для визначення добового виходу біогазу при зброджуванні органічних відходів фермерських господарств використовуючи запропоновану конструкцію побутового біореактора.

Експериментальні дослідження та їх аналіз. Конструкція біореактора відіграє важливу роль для ефективного процесу метаноутворення, при цьому необхідно забезпечити достатню поверхню біомаси для виходу біогазу. Врахувавши рекомендовані вимоги до конструювання біореакторів запропоновано резервуар у вигляді горизонтального циліндра рис.1 [6].

Розташування завантажувального 3 та розвантажувального 4 патрубків забезпечує поступове подавання сировини та безперервний цикл бродіння, що підвищує ефективність біогазової установки.

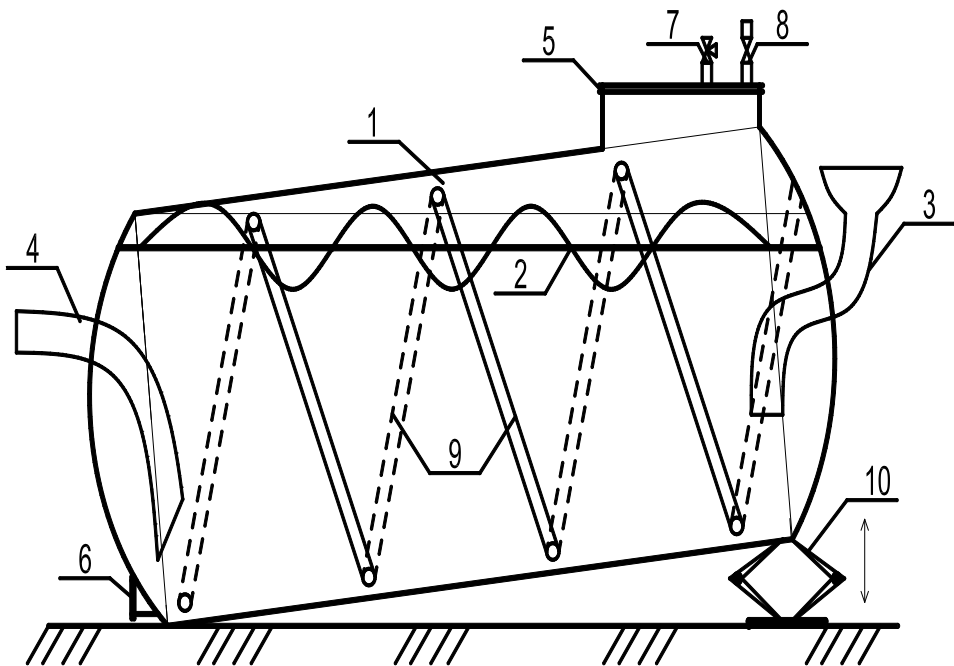


Рис.1 Схема побутового біореактора:

- 1 – резервуар; 2 – система перемішування; 3, 4 – відповідно, патрубок завантаження та розвантаження сировини; 5, 6 – верхній та нижній люки обслуговування;
- 7 – скидний клапан; 8 – патрубок виходу біогазу; 9 – підігрівач; 10 – рухома опора

Основним етапом досліджень було встановлення прогнозованого об'єму виходу біогазу. При цьому визначалась необхідна кількість сировини для забезпечення процесу анаеробного бродіння. Для розрахунку біореактора запропонованої конструкції використано існуючу методику представлену Л. И. Гюнтером [3].

Приймались вихідні дані: t_B – температура біомаси, °C; W , % – вологість субстрату; A , % – зольність сухої органічної сировини.

1. Необхідний об'єм біореактора визначався за формулою

$$V = 100 \cdot D_D / D, \quad (1)$$

де V – робочий об'єм реактора, м³; D_D – добова кількість маси завантажуваної сировини, м³/добу; D – доза завантаження за об'ємом, %.

2. Добове завантаження біореактора D_D , кг/(м³·добу):

$$D_D = \frac{S}{\tau}, \quad (2)$$

де S – концентрація органічних речовин у завантажувальній сировині, кг/м³; τ – час бродіння, діб.

3. Концентрація органічних речовин, кг/м³, визначається:

$$S = \rho_{об} \cdot (100 - W) \cdot (100 - A) \cdot 10^{-4}, \quad (3)$$

де W – вологість субстрату, %; A – зольність сухої органічної сировини, %; $\rho_{об}$ – об'ємна густина біомаси, кг/м³.

4. Розраховувалась густина біомаси, кг/м³:

$$\rho_{об} = \frac{\rho_{вих}}{100 + W \cdot (\rho_{вих} \cdot 10^{-3} - 1)} \cdot 100^3 \quad (4)$$

де $\rho_{вих}$ – густина твердої фракції біомаси, кг/м³.

5. Вираховувався кінематичний коефіцієнт K за формулою

$$K = K_r \cdot (\mu_m \cdot S - d) / (B \cdot S - K_r \cdot d), \quad (5)$$

де K_r – коефіцієнт пропорційності.

6. Визначався коефіцієнт пропорційності:

$$K_r = \frac{(38 \cdot S - 205) \cdot P}{100 \cdot (t_\theta - 17,8)}, \quad (6)$$

де t_θ – температура процесу бродіння, °C; P – поправковий коефіцієнт, ($P = 1$ за $t_\theta = 33 - 53$ °C).

7. Вираховувалась максимальна швидкість росту мікроорганізмів μ_m в біомасі, доба⁻¹:

$$\mu_m = 0,013 \cdot t_B - 0,129. \quad (7)$$

8. Добовий вихід біогазу V_B , м³/м³доба :

$$V_A = \frac{B \cdot S}{\tau} \left(1 - \frac{K}{\tau \cdot \mu_m - 1 + K} \right), \quad (8)$$

де B – максимальний вихід біогазу, $\text{м}^3/\text{кг}$; S – концентрація органічних речовин у завантажувальній сировині, $\text{кг}/\text{м}^3$; τ – час бродіння, діб.

Дослідження проводились для біореактора об'ємом 1 м^3 . Внутрішня температура біомаси t_e приймалась у діапазоні від 35 до $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Як органічна сировина використовувався гній великої рогатої худоби з вологістю $W=88 \%$ та зольністю сухої біомаси – $A=15 \%$ з густиною твердої фракції $\rho_{\text{внх}}=1400 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Результати дослідження показано на рис.2

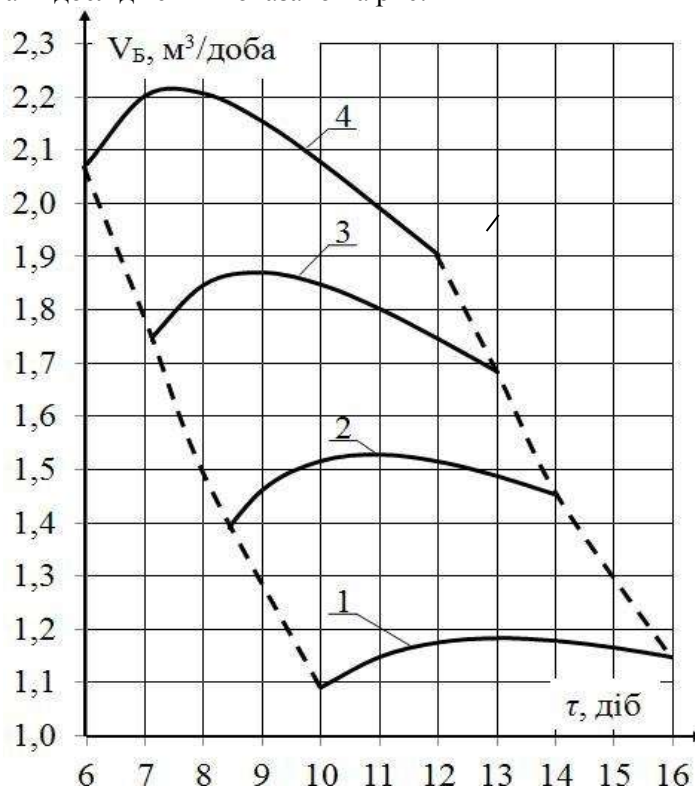


Рис. 2. Добовий вихід біогазу V_B з 1 м^3 біореактора залежно від часу τ бродіння та температури процесу метаноутворення t_e :
 1 – $t_e=35 \text{ }^\circ\text{C}$; 2 – $t_e=40 \text{ }^\circ\text{C}$; 3 – $t_e=45 \text{ }^\circ\text{C}$; 4 – $t_e=50 \text{ }^\circ\text{C}$

З рис. 2 видно, що за вибраної тривалості бродіння $\tau=10$ діб та температурного режиму $t_e=35 \text{ }^\circ\text{C}$ вихід біогазу становитиме $V_B= 1,1 \text{ м}^3/(\text{м}^3\text{доба})$, за збільшення цього терміну до 13 діб вихід біогазу зростає. Це зумовлено тим, що зменшується об'єм добового завантаження резервуара, та зростає тривалість гідравлічного відстоювання. Однак подальше зменшення цього об'єму не приводить до збільшення продуктивності біореактора. На рис.2 відображені піки добового метаноутворення, вони характерно виражені за збільшення температури у резервуарі.

Висновки. На основі проаналізованих даних запропоновано конструкцію побутового біореактора безперервної дії. Встановлено піки виходу біогазу при

зміні температури біомаси та тривалості бродіння. Отримано графічну залежність для визначення прогнозованого добового виходу біогазу при використанні відходів великої рогатої худоби.

Література

1. Баадер Б. Биогаз: Теория и практика. / Б. Баадер, М. Доне Брендерфер; пер. с нем. М. И. Серебрянного. – М. : Колос, 1982. – 148 С.
2. Даффи Дж.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж.А. Даффи, У.А. Бекман. — М.: Мир, 1977. — 410 С.
3. Гюнтер Л. И. Метантенки [Текст] : монография / Л. И. Гюнтер, Л. Л. Гольдфа. – М.: Стройиздат, 1991. – 129 С.
4. Соуфер С. Биомасса как источник энергии / С. Соуфер, О. Заборски; пер. с англ. – М. : Мир, 1985. – 368 С.
5. Ратушняк Г.С.: Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату / Г.С. Ратушняк, В.В. Джеджула. – Вінниця: УНІВЕРСАМ - Вінниця, 2008. – 117 С.
6. Желих В.М., Фурдас Ю.В. Біогазовий реактор // Патент на корисну модель №69771 від 10.05.2012 р., Бюл. №9.
7. Желих В.М. Підтримання теплового режиму біореактора під час застосування сонячної енергії. / В.М.Желих, Ю.В. Фурдас // Вісник НУ «Львівська політехніка». «Теорія і практика будівництва». – 2012. – №742 – С. 83-86.

Определение суточного выхода биогаза бытовых биореакторов

Е.С. Малкин, В.М. Желих, Ю.В. Фурдас

Рассмотрен метод инженерного расчета, который можно использовать для определения суточного выхода биогаза бытовых биогазовых установок, эксплуатируемых на фермерских хозяйствах. С его помощью можно определить объем суточной загрузки сырья и максимальный выход биогаза. Установлено графические зависимости, которые можно использовать при проектировании бытовых биогазовых систем для получения биогаза и утилизации сельскохозяйственных отходов.

Ключевые слова: биореактор; биогаз; процесс метанообразования; биомасса; анаэробное брожение.

Determination of daily household biogas yields bioreactors

Malkin E., Zhelikh V., Furdas Y.

Engineering calculation method is considered, which can be used to determine the daily biogas yield domestic biogas plants operating on farms. It can help to determine the amount of daily charging and maximum yield of biogas. Installs graphics dependencies that can be used in the design of household biogas systems for biogas production and utilization of agricultural waste.

Keywords: bioreactor; biogas; process of methane; biomass; anaerobic fermentation.

Надійшла до редакції 09.06.2014 р.