

УДК.620.953

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БІОГАЗГЕНЕРАТОРА

Стручаєв М.І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-25-85

**Анотація** – у статті наведено аналіз стану біогазгенерації та результати досліджень технологічних та конструктивних характеристик біогазгенератора.

**Ключові слова** - екстремальний експеримент, анаеробна ферментація, біогаз, мезофільний режим, метантенк, субстрат, бродіння, біогазгенератор, біомаса.

**Постановка проблеми.** У наш час біогаз використовують в 55 країнах світу [1], встановлено десятки мільйонів біогаз генераторів [2]. Їх використання дозволяє частково відмовитись від природного газу, особливо на підприємствах сільського господарства. Основною перешкодою їх розповсюдження на Україні є велика вартість, наприклад біогазова установка фірми Зорг коштує 2,5 млн. євро [3]. Тому особливо важливо для АПК розробка і впровадження вітчизняних біогаз генераторів.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз публікацій з даної проблеми показує, що необхідно досліджувати технологічні та конструктивні характеристики біогазгенераторів.

Найбільше поширена [4] схема біогазового генератора «Табір» (КНР). Процес протікає стихійно й безконтрольно, підігрів і перемішування не застосовуються. Використається в дрібних господарствах, розташованих у районах з жарким кліматом. Тривалість переробки субстрату 40 днів і більше. Вихід біогазу від 0,3 до 0,5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup>.

**Формулювання цілей статті.** Метою даної статті є дослідження характеристик установки для анаеробної ферментації гнойових стоків тваринницького виробництва.

**Основна частина.** В якості факторів, що впливають на процес одержання біогазу, обрані  $X_1$  - ступінь здрібнювання біомаси.;  $X_2$  - вологість біомаси.  $X_3$ - вид біомаси;  $X_4$ - відсоток вмісту сухої речовини ;  $X_5$  - вміст бактерицидного матеріалу  $X_6$ - кислотність середовища.  $X_7$  -

температура первісного підігріву.  $X_8$  - температура бродіння біомаси;  $X_9$  - тривалість бродіння біомаси.  $X_{10}$  - тиск біогазу в реакторі.  $X_{11}$  - швидкість перемішування біомаси в реакторі. Критерії оптимізації:  $Y_1$  - обсяг виробленого біогазу,  $Y_2$  - обсяг біогазу на підтримку заданої температури (власні потреби). У результаті проведення відсіваючого експерименту для критерію  $Y_1$  значущими є фактори:  $X_1, X_6, X_7, X_8$ , для яких будується матриця ПФЕ типу  $2^3$ . Після проведення експерименту починається новий етап досліджень - опис поверхні відгуку.

Рух в область оптимуму здійснюється методом Бокса-Вілсона по поверхні відгуку в напрямку градієнта. Градієнт функції відгуку дорівнює

$$y = \frac{\partial y}{\partial x_{13}} \cdot \bar{i} + \frac{\partial y}{\partial x_{14}} \cdot \bar{j} + \frac{\partial y}{\partial x_{17}} \cdot \bar{k}$$

де  $\frac{\partial y}{\partial x_i}$  - часткові похідні функції для  $i$ - того фактору;  $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$  - одиничні

вектори в напрямку координатних осей.

Після проведення оптимізації лінійної моделі методом "крутого сходження" було отримано оптимальне значення максимального виходу біогазу, яке дорівнює  $8,1 \text{ м}^3/\text{год}$ . При цьому значення факторів виявилися:  $X_7$  - температура початкового підігріву  $X_7 = 25,7^\circ \text{C}$ ;  $X_8$  - температура бродіння біомаси  $X_8 = 31,5^\circ \text{C}$ ;  $X_6$  - кислотність середовища  $X_6 = 7,7 \text{ рН}$ . Вихід біогазу підвищувався зі збільшенням  $\text{рН}$  середовища.

*Розрахунок конструктивних параметрів* біогазової установки здійснюється з метою визначення товщини стінки підземної частини резервуара. Особливості проектування - резервуар підземний, ґрунт - глина, будівельний матеріал - залізобетон. Даний розрахунок здійснюється за методикою Бабіна Л.А. [5].

На резервуар діють зовнішні навантаження - вертикальний і бічний тиск ґрунту  $q_{ep.в}$  и  $q_{ep.б}$  (Рис. 1).

Розрахункове вертикальне навантаження

$$q_{ep.в} = n_{ep} \cdot \gamma_{ep} \cdot h_{ep}$$

де  $n_{ep}$  - коефіцієнт перевантаження,  $n_{ep} = 1,2$ ;  $\gamma_{ep}$  - об'ємна вага ґрунту в природному стані,  $\gamma_{ep} = 1,6 \text{ тс} / \text{м}^3$ ;  $h_{ep}$  - висота ґрунту, що діє на резервуар, приймаємо  $h_{ep} = 1,1 \text{ м}$ , виходячи з основних параметрів прийнятих для об'єктів даного типу.

$$q_{ep.в} = 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,1 = 2,112 \text{ тс} / \text{м}^3.$$

Бічний тиск на резервуар розраховується по формулі

$$q_{ep.б} = n_{ep} \gamma_{ep} \left( h_{ce} + \frac{D_{ce}}{2} \right) \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi_{ep}}{2} \right)$$

де  $\varphi_{ep}$  - кут внутрішнього тертя ґрунту,  $\varphi_{ep} = 40^\circ$ .

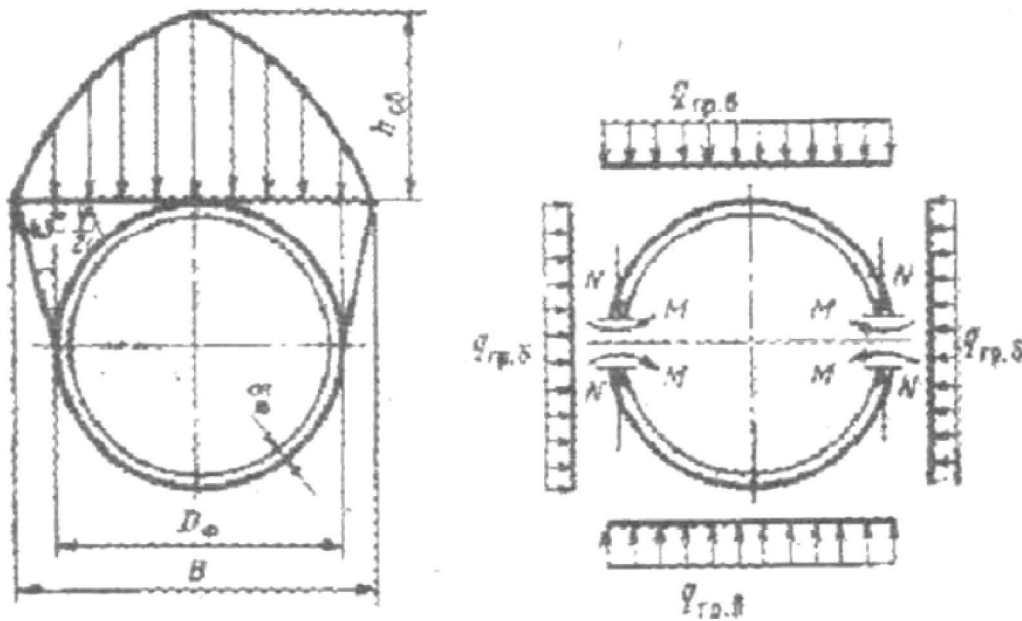


Рис. 1. До розрахунку параметрів міцності метантенка

Поперечний переріз проектованого резервуара - овал. Для спрощення розрахунків умовно приймаємо, що підземна частина метантенка в поперечному перерізі - окружність діаметром  $D_{\phi} = 5900 \text{ мм}$ .

$$q_{гр.δ} = 1,2 \cdot 1,6 \left( 0,8 + \frac{5,9}{2} \right) \text{тг}^2 \left( 45^{\circ} - \frac{40}{2} \right) = 1,565 \text{ тс} / \text{м}^3$$

Безпосередньо товщина стінки метантенка визначається  $\delta_{\phi} = \frac{N}{2R} + \sqrt{\left( \frac{N}{2R} \right)^2 + \frac{6M}{R}}$  де  $N$  - поперечне зусилля,  $r_{\delta}$  - радіус резервуара;  $M$  - згинальний момент,  $R$  - розрахунковий опір матеріалу.

$$\delta_{\phi} = \frac{51,74}{2 \cdot 200} + \sqrt{\left( \frac{51,74}{2 \cdot 200} \right)^2 + \frac{6 \cdot 8210}{200}} = 15,82 \text{ см}$$

Остаточно приймаємо товщину стінки резервуара  $\delta_{\phi} = 158,2 \text{ мм}$ .

*Розрахунок напірного газового трубопроводу.* Завданням розрахунку втрат тиску газу є забезпечення необхідного тиску в пальниках теплогенератора. При експлуатації біогазової установки для створення тиску, з метою нагнітання газу під тиском у газгольдер, використовується гідравлічний спосіб, який може створити тиск не більше 70 - 120 кПа. При транспортуванні газу до пальників повинне виконуються наступна умова

$$\Delta P_{\text{обц}} < P_{\text{гор}}$$

де  $P_{\text{аіо}}$  - робочий тиск в інжекційному пальнику, кПа.

Для перевірки працездатності установки необхідно зробити

розрахунок втрат питомої енергії (втрати напору ) при русі газу по газопроводу. Газовий потік рухається через робочий простір біогазогенератора, а також по трубопроводах і каналах, конструктивно пов'язаних з відповідними агрегатами. Розрахунок робимо одночасно для двох ділянок: біогазогенератор - газгольдер і ділянка газгольдер - котел. Якщо зневажити різницею нівелірних висот зазначених перетинів, тоді рівняння для знаходження витрат енергії при русі газів запишеться

$$\Delta p = \Delta p \lambda_1 + \Delta p_2,$$

де  $\Delta p \lambda$  - перепад статичних тисків на ділянках.

Знаходимо загальні витрати енергії при русі газів в прямому каналі

$$\Delta p = 0,388 + 0,0535 + 0,00817 = 0,4446 \text{кПа}$$

Додаткові втрати енергії при русі газового потоку виникають у результаті турбулізації потоку від зміни конфігурації каналу.

Визначаємо загальні втрати при русі потоку газу по трубопроводу

$$\Delta p_{заг} = \Delta p + \Delta p_{\zeta}$$

$$\Delta p_{заг} = 0,4446 + 0,1592 = 0,604 \text{кПа}$$

Проведені розрахунки на визначення втрат газу при транспортуванні показали, що тиск у системі відповідає початковій умові. Отже, додаткові пристрої (компресор) по створенню тиску не потрібні.

*Рецептура завантажуваної сировини.* Приведемо приклад змішаної сировини для первинного завантаження метантенка. Стебла рослин подрібнюють й укладають на дно біогазогенератора, ущільнюють їх так щоб вийшла підстилка товщиною 10 - 20 см. Вносять гній і субстрат з бактеріями (при вторинному завантаженні роль субстрату може виконувати спеціально залишена порція попереднього шламу). Операцію повторюють шар за шаром, поки в метантенк не завантажуть весь необхідний об'єм. На початку процесу перевіряють кислотність середовища ( $pH$ ) за допомогою індикаторного паперу. Середовище повинне бути нейтральним. Якщо  $pH$  нижче припустимого рівня, то в біогазогенератор необхідно додати вапняної або аміачної води. Обов'язкова вимога: вологість біомаси повинна бути 95 - 98%.

### **Висновки.**

Отримано оптимальне значення максимального виходу біогазу, яке дорівнює  $8,1 \text{ м}^3/\text{год}$  при температурі початкового підігріву  $25,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ; температурі бродіння біомаси  $31,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ; кислотності середовища  $7,7 \text{ pH}$ .

Виконано розрахунок на міцність підземного резервуару, визначено основний конструктивний параметр метантенка - товщину стінки, що дорівнює  $158,2 \text{ мм}$ .

Проведено розрахунки визначення втрат тиску газу при транспортуванні  $\Delta p_{обц} = 0,604 \text{кПа}$ , які показують, що додаткові пристрої по створенню тиску в мережі не потрібні.

Дано опис, основних компонентів рецептури завантажувальної

сировини.

#### Література

1. *Гелетуха Г* Україна: нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / Г. Гелетуха, С. Кудря // Зелена енергетика.-2005.-№ 2 (18).-С.137-202.
2. *Андреанов В.Н.* Биогазовые установки / В.Н. Андреанов, Д.Н. Быстрицкий, К.П. Вашкевич.- Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1966.- 379с.
3. *Михайлов Б.П.* Особенности конструкций и использование биогазовых установок / Б.П. Михайлов // Электрик. – 2006.- №1,2. - С.29,31
4. *Осипова М.И.* Биоэнергетика/Осипова М.И.-М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Бумона,2007.-36 с.:ил.
5. *Бабін Л.А.* Розрахунок на міцність захисного футляра трубопроводів / Л.А. Бабін.-М.: Машиностроение, 1981. – 127с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОГАЗГЕНЕРАТОРА

Стручаев Н.И.

**Аннотация** - в статье приведен анализ состояния биогазгенерации и результаты исследований технологических и конструктивных характеристик биогазгенератора

### THE RESEARCH OF TECNOLOGY END CONSTRUCTION CHARACTERISTICS OF BIOGASGTNTRATOR

N.Struchaev

#### *Summary*

The analysis of the state and results of researches of tecnology end construction characteristics of biogasgenerator works is resulted in the article.