

**ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПОВЕРХНІ
РЕЗЕРВУАРУ БІОРЕАКТОРА В ТЕПЛИЙ ПЕРІОД РОКУ**

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Здійснено аналіз розподілення температур по поверхні метантенка побутової біогазової установки для теплого періоду року. Запропоновано схему теплопостачання резервуару при безпосередньому його нагріванні сонячним промінням. Результати досліджень представлені в графічному вигляді.

Ключові слова – біогазова установка, метантенк, біогаз, анаеробні умови.

Актуальність роботи. Біореактори призначені для виробництва біогазу шляхом бродіння органічної сировини в анаеробних умовах. Для стабільного процесу газовиділення необхідно постійно підводити теплоту до зброджувальної маси. Біогаз утворюється внаслідок життєдіяльності метанотворних бактерій в температурному діапазоні від 0 °С до 70 °С.

Значну економію енергії на підігрів можна отримати з використанням сонячної енергії. Оскільки, клімат України переважно помірно – континентальний, а на півдні має ознаки субтропічного, є можливість ефективно використовувати сонячну енергію, для підігріву субстрату біореактора.

Існують різні методи утилізації сонячної енергії, а саме використання геліоустановок, сонячних фотопанелей, різні типи тепло- та електроакумуляторів. Однак їх використання для обігріву побутових біореакторів є недоцільне, так як здорожують біогазові систему в кілька разів. Тому, для теплозабезпечення резервуару запропоновано схему теплопостачання згідно якої сонячне проміння безпосередньо нагріває поверхню біореактора.

Мета та задачі досліджень. Встановлення закономірностей розподілу температур по поверхні біореактора запропонованої форми при обігріванні його сонячним випромінюванням.

Експериментальні дослідження та їх аналіз. Вибір кількості та умов проведення дослідів експериментальних досліджень необхідних для визначення температури на поверхні біореактора проводилося на основі планування експерименту.

При плануванні експерименту до уваги бралися такі фактори: інтенсивність сонячного випромінювання I , Вт/м²; температура зовнішнього повітря t_3 , °С; швидкість руху зовнішнього повітря v_3 , м/с.

Зазначена група факторів була наведена у табличному вигляді (табл. 1).

Таблиця 1.

Фактори та рівні планування

Фактори	Кодове позначення фактора	Рівні факторів			Інтервал між основним та верхніми рівнями фактора
		Нижній -1	Основний 0	Верхній +1	
Інтенсивність сонячного випромінювання, $I, \text{Вт}/\text{м}^2$	x_1	270	580	890	310
Температура зовнішнього повітря, $t_3, ^\circ\text{C}$	x_2	16	23	30	7
Рухомість повітря, $v, \text{м}/\text{с}$	x_3	0,4	1,2	2	0,8

Необхідна кількість дослідів визначалася за формулою:

$$N = p^k, \quad (1)$$

де p – кількість рівнів факторів ($p = 2$); k – число факторів ($k = 3$).

Для визначення впливу вказаних факторів було проведено повний факторний експеримент, що складався з $N=2^3$, тобто восьми дослідів.

Функція відгуку – відносна температура поверхні опромінення $\bar{t}_{нов}$, яка для кожного з дослідів визначалась як середнє арифметичне від суми місцевих значень:

$$\bar{t}_{нов} = \frac{t_{нов}}{t_6}, \quad (2)$$

де $t_{нов}$ – температура поверхні резервуару, $^\circ\text{C}$; t_6 – температура біомаси, $^\circ\text{C}$.

Для кожного з дослідів відносна температура поверхні резервуару приймалась як середнє арифметичне від суми місцевих значень:

$$\bar{t}_{на} = \frac{1}{K} \sum_{l=1}^K t_{на.l}, \quad (3)$$

де K – кількість певних місцевих значень температури $\bar{t}_{нов}$. l – порядковий номер місцевого значення температури.

Результати факторного експерименту було описано математичною моделлю на основі полінома першого степеня.

Рівняння регресії має вигляд:

$$y = 25,95 + 2,33x_1 + 1,92x_2 - 2,0x_3 + 2,73x_1x_2 + 0,92x_1x_3 + 0,53x_2x_3 + 1,95x_1x_2x_3 \quad (4)$$

В рівнянні: y – параметр оптимізації, який характеризує відношення температури поверхні біореактора до температури сировини в резервуарі; x_1 , x_2 , x_3 – кодовані значення факторів.

На підставі аналізу коефіцієнтів рівняння регресії можна зробити висновок, що найбільший вплив на функцію відгуку виявляє фактор x_1 – інтенсивність сонячного випромінювання, I , $Вт/м^2$. Фактори x_2 – температура зовнішнього повітря, t_3 , $^{\circ}C$ та x_3 – рухомість повітря, v , $м/с$ впливають в меншій мірі. Чисельне збільшення вхідних факторів x_1 та x_2 призводить до зростання функції відгуку, а зменшення їх – до її спадання.

Дослідження температурних режимів біореактора запропонованої форми [4] проводились на експериментальній установці, що зображена на рис.1. Біогазовий реактор у вигляді циліндра зі зрізаними конусами доверху і до низу, об'ємом $1 м^3$ виконаний з металу товщиною 7 мм.

Для зручності проведення замірів на поверхні біореактора влаштовувалась координатна сітка (рис.1). Температура на поверхні резервуару вимірювалась за допомогою інфрачервоного пірометра «Німбус – 530/1» у характерних точках, положення яких визначалось координатною сіткою. Швидкість вітру та температура зовнішнього повітря вимірювалась за допомогою термоанемометра АТТ – 004. Інтенсивність сонячного випромінювання визначалась за допомогою альбедометра.

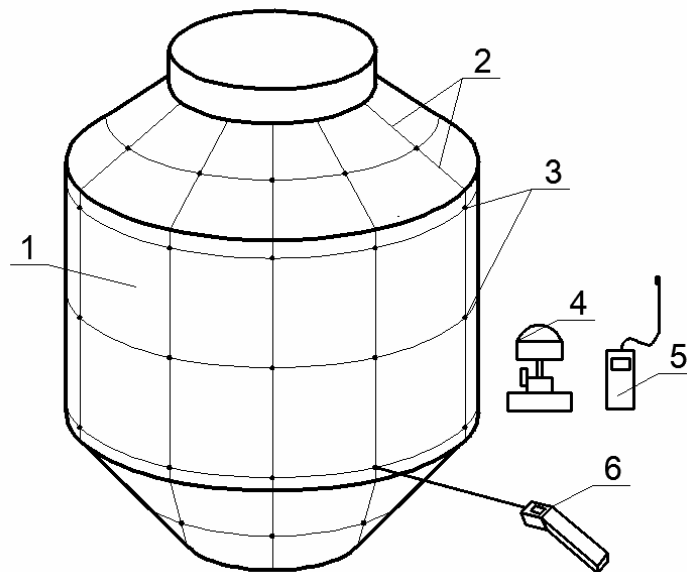


Рис.1.

Схема експериментальної установки

1 – резервуар; 2 – координатна сітка; 3 – точки проведення замірів; 4 – альбедометр; 5 – термоанемометр АТТ – 004; 6 – пірометр «Німбус – 530/1».

Результати експериментальних досліджень розподілу температури на поверхні резервуару в ТПР

Дослідження проводилися в діапазоні температур зовнішнього повітря t_3 від $16^{\circ}C$ до $31^{\circ}C$ та сировини, що знаходилась в біореакторі t_6 від $18^{\circ}C$ до $43^{\circ}C$.

Протягом експериментального періоду змінювалась також густина теплового потоку, I від 260 Вт/м^2 до 885 Вт/м^2 .

Характерні результати, які представлені у вигляді температурних полів на поверхні біореактора наведені на рис.2, де H – висота поверхні опромінення; L – довжина поверхні опромінення; $t_{\text{нов}}$ – температура поверхні резервуару.

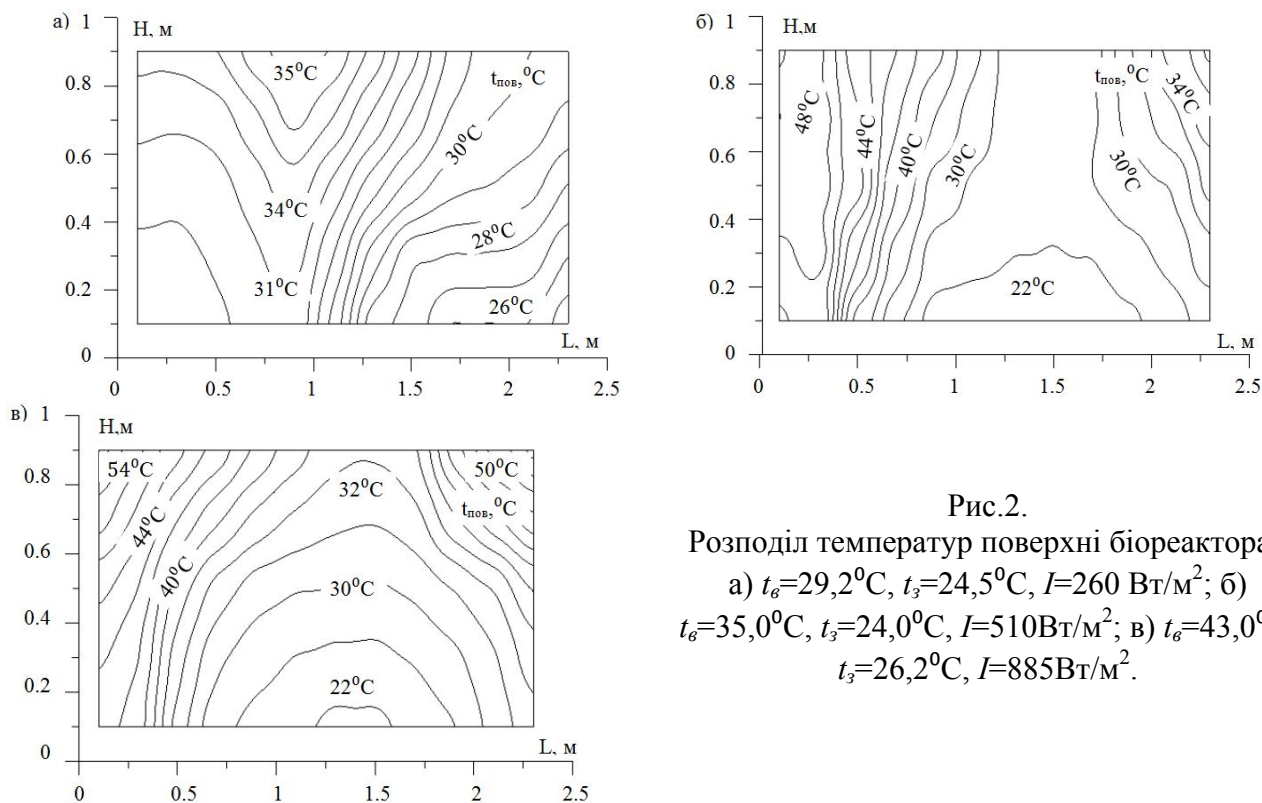


Рис.2.
Розподіл температур поверхні біореактора :
а) $t_6=29,2^{\circ}\text{C}$, $t_3=24,5^{\circ}\text{C}$, $I=260 \text{ Вт/м}^2$; б) $t_6=35,0^{\circ}\text{C}$, $t_3=24,0^{\circ}\text{C}$, $I=510 \text{ Вт/м}^2$; в) $t_6=43,0^{\circ}\text{C}$, $t_3=26,2^{\circ}\text{C}$, $I=885 \text{ Вт/м}^2$.

На рис.2 наведено результати досліджень розподілу температури на поверхні біореактора в залежності від температури оточуючого середовища та інтенсивності сонячної радіації. Рис.2 ілюструє характер зміни температури стінок резервуару і вона залежить від густини теплового потоку I , Вт/м^2 та збільшується з її зростом. З рисунку видно, що в верхній зоні температура поверхні значно вища ніж в нижній, що зумовлюється меншим затіненням та кутом падіння сонячних променів близьким до перпендикулярного. Інерційність внутрішнього вмісту метантенка запобігає раптовому коливанню температури в середині установки при зміні інтенсивності сонячного випромінювання.

Очевидно, тепло, яке передається сировині, безпосередньо через металеву стінку реактора, в верхній зоні більш ефективно поглинається сировиною за рахунок більшого перепаду температур поверхонь, що приймають участь у теплообміні.

Висновки. Отримані результати досліджень розподілу температури по поверхні біореактора запропонованої конструкції. Підтверджено можливість забезпечення резервуару тепловою енергією за допомогою сонячного проміння. На основі планування експерименту встановлено, що найбільший вплив на температуру поверхні метантенка виявляє інтенсивність сонячного

випромінювання, I , $Вт/м^2$, а температура зовнішнього середовища, t_3 , $^{\circ}C$ та рухомість повітря, v , $м/с$ впливає в меншій мірі.

Література

1. Биомаса как источник энергии. Ред. С.Соуфер, О.Заборски, пер. с англ. М., «Мир», 1985.
2. *О.Т.Возняк, В.М.Желих* : Основы научных исследований у будівництві. - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2003.- 173с.
3. *Кравченко В.П., Шут Н.И.* Исследование теплового режима в закрытых ограниченных объемах, подверженных интенсивным тепловым полям высокой температуры // Проблемы управления и информатика. 2000. № 2. С.80-83.
4. *В.Желих, Ю.Фурдас* : Патент на корисну модель № 57360 – Біогазовий реактор

Аннотация

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Осуществлен анализ распределения температур по поверхности метантенка бытовой биогазовой установки для теплого периода года. Предложена схема теплоснабжения резервуара при непосредственном его нагревании солнечными лучами. Результаты исследований представлены в графическом виде.

Ключевые слова - биогазовая установка, метантенк, биогаз, анаэробные условия.

Annotation

The analysis of the temperature distribution on the surface of household biogas digesters settings for the warm season was carried out. The scheme of the heating tank in direct sunlight was suggested. The results are presented in graphical form.

Keywords - biogas plant, digesters, biogas, anaerobic conditions.