

УДК 536.24+631.3

Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна

Вінницький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВТРАТ З БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ ПРИ РОЗМІЩЕННІ ЇЇ В ГРУНТІ

В роботі обґрунтовано ефективність розміщення біогазової установки в ґрунт для зменшення впливу коливань температур навколишнього середовища на стабільність теплового режиму процесу бродіння органічної маси. Промодельовано величини тепловтрат з біогазових установок із мінімальним та із сучасним ефективним утепленням. Встановлено, що в результаті розміщення біогазової установки в ґрунті можна зменшити тепловтрати в навколишнє середовище на 26%.

Ключові слова: тепловтрати, біогазова установка, утеплення.

G. S. Ratushnyak, K. V. Anokhina

Vinnytsia National Technical University, Ukraine

MODELING WITH HEAT LOSS BIOGAS PLANT PLACED ON A SOIL

Abstract The work proved efficiency of biogas plant in the soil to reduce the effects of fluctuations in ambient temperature on the stability of heat-term treatment fermentation of organic matter. Simulated values of heat from biogas plants with a minimum of modern and efficient insulation. It was established as a result of placing a biogas plant in the soil can reduce heat loss to the environment by 26%.

Keywords: heat, biogas plant, insulation.

Вступ

Екологізація господарської діяльності потребує структурно-технологічної перебудови управління енергетичним комплексом на базі трансферу інноваційних енергоощадних екологічно безпечних технологій [1]. Біоконверсія є технологічним процесом, який передбачає перероблення органічної маси з метою отримання теплоти або палива високої якості, а також екологічно чистих органічних добрив [2]. Ефективність перероблення біомаси в енергетичну продукцію досягається лише за раціональних параметрів технологічних процесів і машин для переробних підприємств, що здійснюють конверсію біосировини, основним з яких є підтримання температурного режиму процесу бродіння, що супроводжується виділенням тепловтрат у навколишнє середовище. Термостабілізація та інтенсифікація процесу анаеробного бродіння субстрату при його перемішуванні можуть бути забезпечені шляхом зниження тепловтрат через огорожувальні конструкції біореактора. При виробництві біогазу шляхом анаеробного бродіння органіки метаболічна активність і репродуктивна здатність мікроорганізмів знаходяться в функціональній залежності від температури в біореакторі. Температура впливає на об'єм газу, який можна отримати із певної кількості органічної речовини протягом заданого часу в реакторі, а також на технологічний час процесу зброджування, необхідний для вивільнення певної кількості газу при відповідній температурі [1-4].

Постановка задачі дослідження

Для досягнення високої ефективності роботи біореакторів та отримання максимальної кількості біогазу із одиниці об'єму біомаси необхідно створити оптимальні технологічні параметри в біореакторі [1]. Важливим аспектом стабільності теплового режиму в біореакторі є підігрівання субстрату та одночасна теплоізоляція стінок біореактора для зменшення впливу коливань температур навколишнього середовища. Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів підвищує ефективність та економічність процесу нагрівання субстрату в біогазовій установці. Одним з ефективних рішень для зменшення впливу коливань температур навколишнього сере-

довища на стабільність теплового режиму процесу бродіння є розміщення біогазової установки в ґрунт. Температура ґрунту, як правило, вища за температуру навколишнього середовища. Наприклад, в м. Вінниця при температурі навколишнього повітря в період найбільш холодної п'ятиденки -21°C температура верхніх шарів ґрунту сягає $0 \dots +5^{\circ}\text{C}$. Розподіл температур в шарах ґрунту в залежності від сезонного значення температури на поверхні землі наведено на рис. 1.

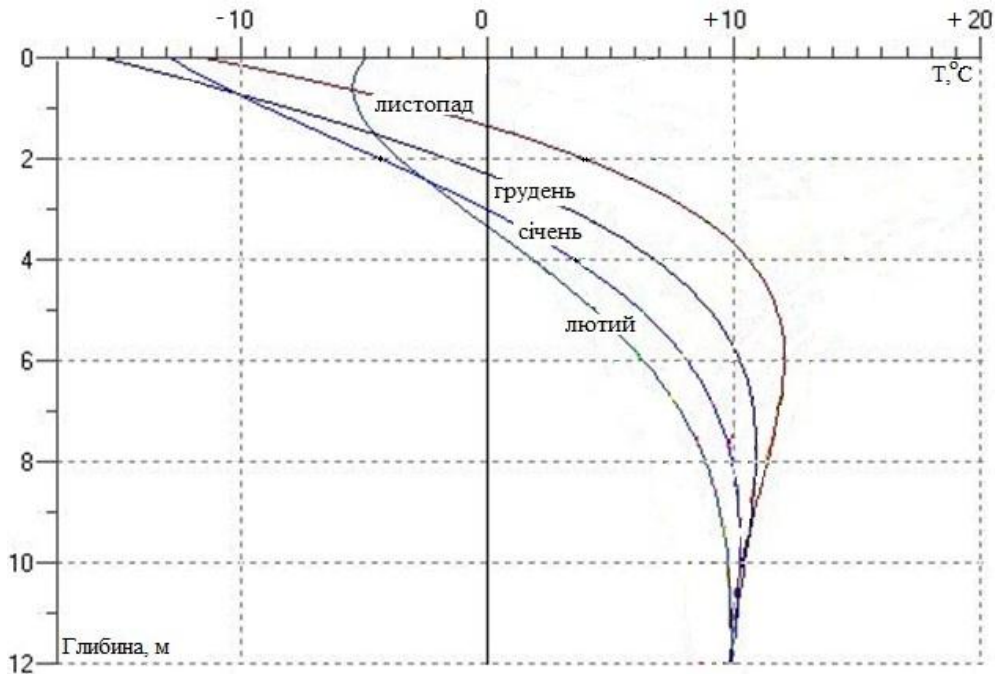


Рис. 1. Графік зміни температури в шарах ґрунту в залежності від сезонного значення температури на поверхні землі [5]

Отже, при розміщенні біогазової установки в ґрунті зменшується вплив коливань температур навколишнього середовища на стабільність теплового режиму бродіння органічної маси; збільшується економічна доцільність за рахунок зменшення витрат енергетичних ресурсів на підігрівання органічної маси в біогазовій установці, а тому моделювання тепловтрат з біогазової установки при розміщенні її в ґрунті є актуальним.

Основна частина

Величина теплової енергії, що надходить до заглибленого в ґрунт корпусу біореактора, характеризується не стаціонарністю процесу [6]. Кількість теплової енергії визначається такими основними чинниками як теплопровідність ґрунту та зміною його температури протягом року в часі та по висоті шару ґрунту.

$$Q_{GP}^i = f(\lambda_{GP}^i, \Delta T_{GP}^i), \quad (1)$$

де λ_{GP}^i – теплопровідність і-го шару ґрунту;

ΔT_{GP}^i – зміна температури і-го шару ґрунту в розрахунковий період року.

Теплопровідність ґрунту визначається його фізико-механічними властивостями, основними з яких є густина (ρ_{GP}^i) та вологість (β_{GP}^i)

$$\lambda_{GP}^i = f(\beta_{GP}^i, \rho_{GP}^i). \quad (2)$$

Характер розподілу температури ґрунту в різні періоди року та за глибиною від його денної поверхні також неоднорідні, а тому при визначенні тепловтрат від корпусу біореактора в зовнішнє середовище доцільно враховувати середні вагові значення теплопровідності ґрунту

$$\lambda_{GP} = \frac{\lambda_{GP}^i \cdot h_i}{\Sigma h_i}, \quad (3)$$

де h_i – товщина i -го шару ґрунту.

Величина тепловтрат із внутрішнього середовища біореактора Q_B (Вт), що характеризується термічним опором матеріалу огорожуючих конструкцій, різницею температур між внутрішнім і зовнішнім середовищем реактора, обчислюється за формулою:

$$Q_B = \alpha_T (T_B - T_3) n_1 F_B \eta_n, \quad (1)$$

де $\alpha_T = \frac{1}{R}$ – коефіцієнт теплопередачі огороження реактора, Вт/(м²·°С);

R – термічний опір теплопередачі матеріалу огорожувальної конструкції, (м²·°С)/Вт;

$(T_B - T_3)$ – розрахункова різниця температур між внутрішньою та зовнішньою температурами, °С;

n_1 – поправковий множник, що враховує зменшення розрахункової різниці температур для огорожень біореактора (для даного випадку $n = 1$);

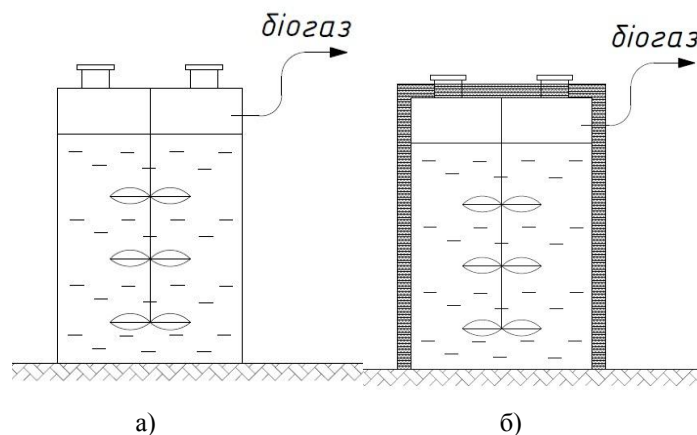
F_B – площа поверхні огороження біореактора, м² (ведеться розрахунок для $F_B = 1 \text{ м}^2$);

η_n – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, які можуть помітно змінюватись від впливу сонячного випромінення, інфільтрації та ексільтрації, $\eta_n = 1$.

Таким чином, з врахуванням наведених припущень щодо роботи біореактора, формула (1) матиме вигляд

$$Q_B = \frac{T_B - T_3}{R}. \quad (2)$$

Для виконання моделювання тепловтрат з біогазової установки розглянуто конструкції із мінімальним утепленням з термічним опором $R = 1$ (м²·°С)/Вт та біогазові установки із сучасним ефективним утепленням та $R = 4$ (м²·°С)/Вт. Внутрішня температура середовища органічної маси залежить від режиму ферментації: термофільний (55...45°С), мезофільний (25...45°С) та криофільний (5...20°С). Для порівняння наведені біогазові установки розміщено в просторі навколишнього середовища, заглибленими наполовину на рівень промерзання ґрунту та повністю влаштовані в ґрунті. Запропоновані схеми наведено на рис. 2.



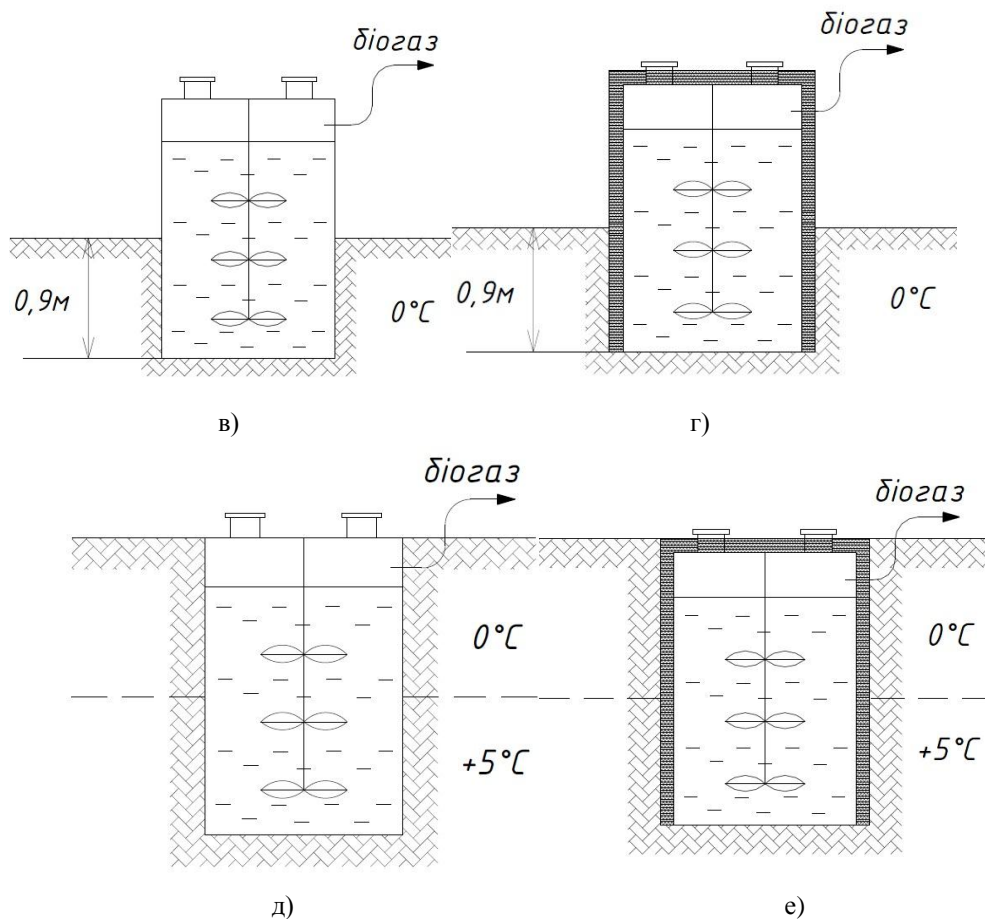


Рис. 2. Схеми розміщення біогазових установок: а), в), д) – біогазові установки із мінімальним утепленням з термічним опором $R = 1 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ та розміщенням в просторі навколишнього середовища, заглибленими наполовину на рівень промерзання ґрунту та повністю влаштовані в ґрунті відповідно; б), г), е) – біогазові установки із сучасним ефективним утепленням та $R = 4 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ та розміщенням в просторі навколишнього середовища, заглибленими наполовину на рівень промерзання ґрунту та повністю влаштовані в ґрунті

Отримані за результатами моделювання тепловтрати для різних схем розміщення біогазових установок (рис. 2) наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Тепловтрати з біогазових установок різного утеплення залежно від розміщення

Розміщення біогазової установки	Утеплення ізоляційними матеріалами					
	Мінімальне, $R = 1 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$			Ефективне, $R = 4 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$		
	термофільний	мезофільний	кріофільний	термофільний	мезофільний	кріофільний
в просторі навколишнього середовища	71	61	41	17,8	15,3	11,9
заглиблення на рівень промерзання ґрунту	60,5	50,5	30,5	15,1	12,6	7,6
влаштування в ґрунті	47,5	37,5	17,5	11,9	9,4	4,4

Для різних теплових режимів анаеробного бродіння проведено числові експерименти із визначення тепловтрат через огорожувальні конструкції при різному розміщенні біогазових установок за формулою (2). Графічно значення тепловтрат при різному розміщенні та із різним утепленням біогазових установок при кріофільному, мезофільному та термофільному режимах зброджування зображено на рис. 3–5.

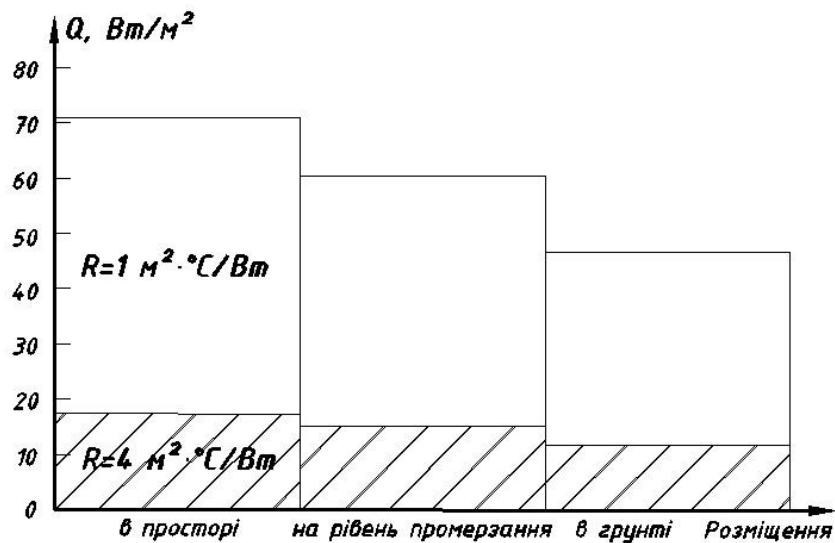


Рис. 3. Тепловтрати з біогазової установки при термофільному режимі бродіння ($T_B=50\text{ }^\circ\text{C}$)

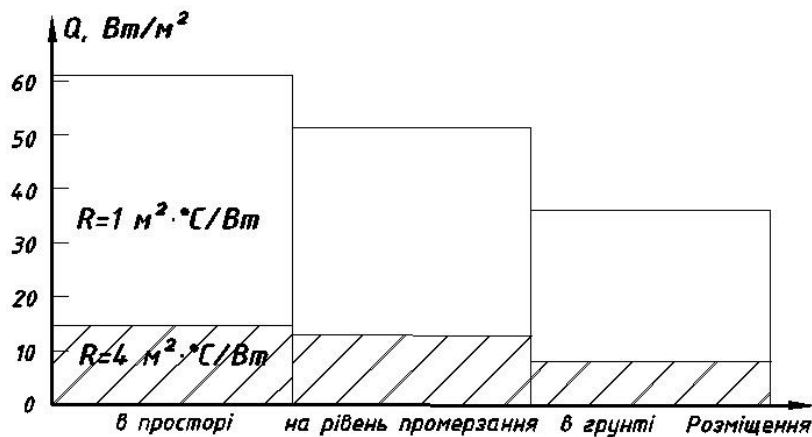


Рис. 4. Тепловтрати з біогазової установки при мезофільному режимі бродіння ($T_B=40\text{ }^\circ\text{C}$)

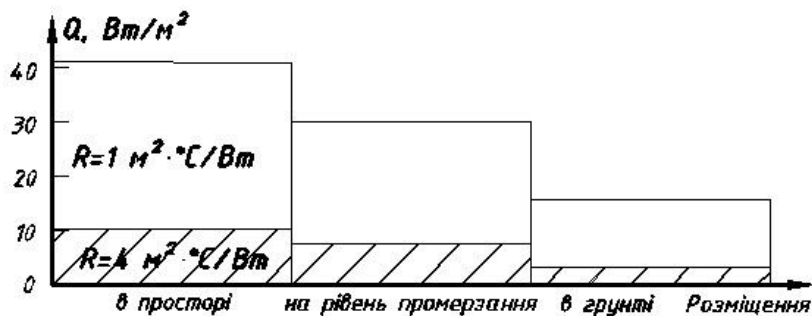


Рис. 5. Тепловтрати з біогазової установки при кріофільному режимі бродіння ($T_B=20\text{ }^\circ\text{C}$)

Порівняльний аналіз тепловтрат з біогазових установок при різних режимах бродіння (рис. 3-5) та схемах їх розміщення в ґрунті свідчить про різну ефективність термостабілізації бродіння органічної маси. В результаті застосування ефективного утеплювача можна досягти зниження тепловтрат в 4 рази, а розміщуючи біогазові установку в ґрунті зменшити тепловтрати в навколишнє середовище на 26 %.

Висновки

В статті запропоновано декілька варіацій розміщення біогазової установки для зменшення тепловтрат та підвищення термостабілізації процесу бродіння органічної маси. В результаті числового моделювання із визначення тепловтрат при різному розміщенні та із різним утепленням біогазових установок при криофільному, мезофільному та термофільному режимах зброджування встановлено, що при розміщенні біогазової установки в ґрунті тепловтрати в навколишнє середовище зменшуються на 26 %.

Література

1. Ратушняк Г.С. Енергоефективні технологічні процеси та обладнання біоконверсії: монографія / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 160 с.
2. Ратушняк Г. С. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання : навч. пос. / Г. С. Ратушняк, В. В. Дзеджула, К. В. Анохіна. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 170 с.
3. Ткаченко С. Й. Теплообмінні та гідродинамічні процеси в елементах енергозабезпечення біогазової установки / С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 132 с.
4. Ратушняк Г. С. Багатошарові захисні конструкції від тепловтрат з герметичним повітряним прошарком / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 1. – С. 38–42.
5. Кідрук М. І. Моделювання та оптимізація систем теплопостачання будівель з використанням відновних джерел енергії. Режим доступу <http://progress21.com.ua/ua/articles/groundcollector>.
6. Костиков А. О. Влияние теплового состояния грунта на эффективность теплонасосной установки с грунтовым теплообменником / А. О. Костиков, Д. Х. Харлампиди // Энергетика: економіка, технології, екологія. 2009. № 1. С. 32-40.

References

1. Ratushniak G. S. Energy efficient processes and equipment bioconversion: monograph / G. S. Ratushnyak, K. V. Anokhina. - Vinnitsa: VNTU, 2013. - 160 p. [in Ukrainian]
2. Ratushniak G. S. Energy renewable heat: teach. Ref. / G. S. Ratushnyak, V. V. Dzhedzhula, K. V. Anokhina. - Vinnitsa: VNTU, 2010. - 170 p. [in Ukrainian]
3. Tkachenko S. Heat and hydrodynamic processes in cell energy biogas plant / S. Y. Tkachenko, D. V. Stepanov. - Vinnitsa: VNTU, 2004. - 132 p. [in Ukrainian]
4. Ratushniak G. S. Multilayer protective design of heat with a sealed air-proshar com / G. S. Ratushnyak, K. V. Anokhina // Bulletin of Khmelnytsky National University. - 2009. - № 1. - Pp. 38-42. [in Ukrainian]
5. Kidruk M. I. Modeling and optimization of heating buildings using Restore-energy sources. Access <http://progress21.com.ua/ua/articles/groundcollector>. [in Ukrainian]
6. Kostykov A. Effect of heat on soil Efficiency heat pump installation with heat exchanger / A. A. Kostykov, D. H. Harlampydy // Power: economics, technology, ecology. - 2009. - № 1. - Pp. 32-40. [in Russian]

Надіслана/ Written: 13.02.2015 p.

Надійшла/ Received:

Рецензент: к.т.н., доцент, кафедра Теплогазопостачання, ВНТУ, Дзеджула В. В.