

БАГАТОШАРОВІ ЗАХИСНІ КОНСТРУКЦІЇ ВІД ТЕПЛОВТРАТ З ГЕРМЕТИЧНИМ ПОВІТРЯНИМ ПРОШАРКОМ

Запропоновано багат шарові конструкції з герметичним повітряним прошарком та із застосуванням тепловідбиваючих екранів як ефективні та перспективні енергозберігаючі технології. За результатами числових експериментів визначено термічні опори теплоізоляційних матеріалів залежно від їх товщини.

There are suggested the multi-layer constructions with the hermetic air stratum and by applying the thermo-reflecting shields as effective and power-saving technologies. On the numerical experiments results there have been determined the thermal resistances of the thermo-insulating materials, depending upon their thickness.

Вступ

Україна тільки на 43 % може забезпечити потреби в паливі за рахунок своїх національних ресурсів. Питома вага затрат енергії на одиницю національного прибутку перевищує європейський рівень вдвічі [1, 2]. Єдиний шлях стабілізувати стан енергоспоживання в Україні – це енергозбереження до 43...47 % всього енергоспоживання за рахунок використання нетрадиційних джерел енергії, до яких відноситься біоконверсія органічних речовин з метою отримання біогазу. Використання теплоізоляційних матеріалів є необхідним заходом в комунально-побутовому секторі, системах інженерного забезпечення будинків, а також для підтримання температурного режиму, уникнення температурних перепадів та зменшення витрат енергоресурсів в біогазових установках.

Постановка задачі дослідження

Температурний режим суттєво впливає на якість технологічного процесу та продуктивність біогазової установки, оскільки коливання температур в межах 4...5 °С різко змінює мікробіологічну активність анаеробних організмів [3]. Особливістю процесу в біогазових реакторах є те, що за рахунок недостатнього та нерівномірного прогрівання суміші коливання температур в об'ємі субстрату стають значними, що не відповідає технологічним вимогам. Це зменшує вихід біогазу порівняно з теоретичним [4]. Розв'язання задач термостабілізації біогазових реакторів можливе за рахунок підвищення термічного опору матеріалу захисних конструкцій. Завдяки теплоізоляції зменшуються перепади температури і втрати теплоти між внутрішнім та зовнішнім середовищами біогазової установки [5].

З метою підвищення термічних опорів конструкцій, зниження маси і вартості їх найчастіше виконують з повітряними прошарками. Влаштування повітряного прошарку є розповсюдженим прийомом теплоізоляції, тому що коефіцієнт теплопровідності повітря має досить низьке значення (при $t = 0^\circ \text{C}$, $\lambda_{\text{в}} = 0,023 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$) [6]. Використання повітряного прошарку дозволяє підвищити термічний опір в середньому в 1,4...1,8 рази. Повітря, що знаходиться у прошарку буде виступати як додатковий теплоізолятор [4].

Найбільш ефективним методом збільшення термічного опору конструкції з повітряним прошарком є її екранування. Один екран з алюмінієвої фольги зменшує тепловий потік у 20 разів. Зі збільшенням числа екранів цей ефект зростає. На цьому принципі заснована теплоізоляція „альфоль”, виконана у вигляді плоских аркушів фольги на відстані 10...15 мм один від одного, чи у вигляді м'яких гофрованих листів фольги. Умовний коефіцієнт теплопровідності такого теплоізоляційного шару при гладеньких аркушах складає $0,031 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$, при гофрованих – $0,028 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ [6, 7].

В зв'язку з цим при впровадженні енергозберігаючих технологій актуальною задачею є розроблення багат шарових конструкцій з герметичним повітряним прошарком та із застосуванням тепловідбиваючих екранів, а також дослідження їх термічних опорів.

Результати досліджень

Запропоновано теплоізоляційну панель [8], що складається з каркасу та секцій, заповнених наповнювачем. В якості секцій використані пластикові пляшки з відрізаним дном, які герметично закріплені на вертикально встановлених на каркасі дротах. Як наповнювач використовують сухе повітря, а каркас розміщений в захисному повітронепроникливому корпусі. Загальну схему запропонованої конструкції теплоізоляційної панелі представлено на рис. 1.

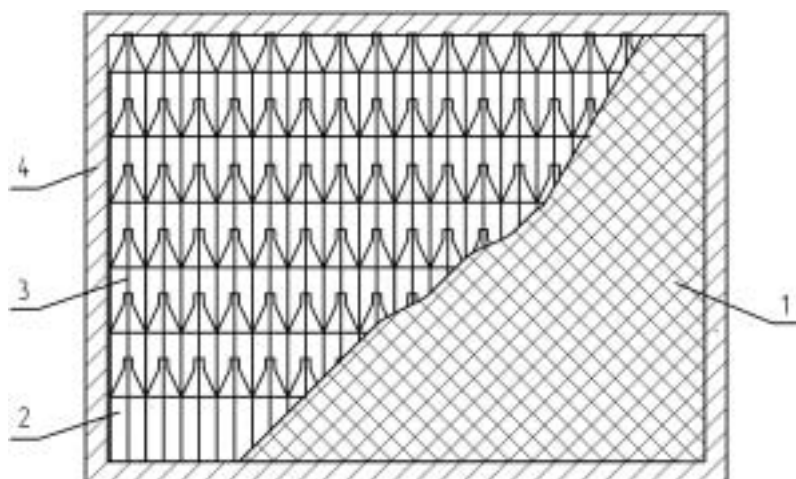


Рис. 1. Теплоізоляційна панель: 1 – каркас; 2 – пластикові пляшки з відрізнаним дном; 3 – дріт; 4 – захисний повітронепроникливий корпус

Багатошарова захисна конструкція від тепловтрат з герметичним повітряним прошарком підвищує термічний опір конструкції. Сухе повітря, яке знаходиться в пластикових пляшках 2, що розміщені в каркасі 1, має низький коефіцієнт теплопровідності ($\lambda_{\text{в}} = 0,023 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$), завдяки чому значно знижується теплообмін між біогазовою установкою або приміщенням та навколишнім середовищем. Оскільки пластикові пляшки 2 з відрізнаним дном з'єднані між собою у пакети герметично, то це перешкоджає проникненню водяної пари до наповнювача – сухого повітря. Захисний корпус 4 перешкоджає прямому контакту теплоізоляційної панелі із матеріалом захисної конструкції, а також надає панелі більшої міцності і довговічності.

Запропоновано також теплогідроізоляційну багатошарову конструкцію, в якій за рахунок введення теплоізоляційної панелі та алюмінієвої фольги, зменшуються тепловтрати в навколишнє середовище [9]. Теплогідроізоляційна багатошарова конструкція містить утеплюючий шар, що включає гідроізолюючий шар, металеву сітку та шар пароізоляції, а також додатковий шар теплоізоляції, в якості якого використовується алюмінієва фольга. Поверх нього розташовано шар пластикових пляшок із сухим повітрям, а зверху встановлено захисний матеріал від механічних пошкоджень.

Загальну схему запропонованої теплогідроізоляційної багатошарової конструкції представлено на рис. 2.

Теплогідроізоляційну багатошарову конструкцію виконано наступним чином. Гідроізолюючі шари 1 і 2 захищають від проникнення вологи в приміщення або до корпуса біогазової установки. Поверх шарів 1 і 2 укладено алюмінієву фольгу 3, що служить для відбивання довгохвильового тепла та погіршення умов паропроникнення. На алюмінієву фольгу встановлено теплоізоляційну панель із пластикових пляшок 4, яка перешкоджає проникненню вологи. Це приводить до зниження теплообміну між біогазовою установкою чи приміщенням та навколишнім середовищем. Металева сітка 5, що розташована поверх теплоізоляційної панелі, підвищує механічну міцність. Над сіткою 5 укладено захисний матеріал від механічних пошкоджень 6, який захищає від зовнішніх механічних пошкоджень та утеплює конструкцію.

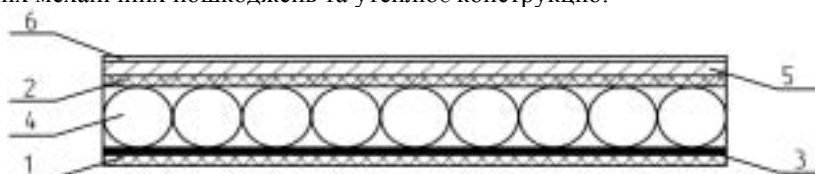


Рис. 2. Теплогідроізоляційна багатошарова конструкція: 1,2 – гідроізолюючі шари; 3 – алюмінієва фольга; 4 – теплоізоляційна панель із пластикових пляшок з сухим повітрям; 5 – металева сітка; 6 – захисний матеріал від механічних пошкоджень

Термічний опір конструкції, що складається з кількох шарів матеріалу, розташованих перпендикулярно напрямку теплового потоку, визначається згідно з формулою [6]:

$$R_{\text{заг}} = \sum R_i, \quad (1)$$

де R_i – термічний опір теплопередачі для окремого шару, що обчислюється за формулою [6]:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2)$$

де δ_i і λ_i – товщина шарів захисної конструкції і теплопровідність їх матеріалів.

Запропоновані теплоізоляційна панель і теплогідроізоляційна багатошарова конструкція вважаються неоднорідними. Приведений термічний опір таких конструкцій визначається за формулою:

$$R_o^{np} = \frac{R_{\uparrow\uparrow} + 2R_{\perp}}{R}, \quad (3)$$

де $R_{\uparrow\uparrow}$ та R_{\perp} – приведені термічні опори відповідно паралельно і перпендикулярно напрямку теплового потоку.

Оскільки в наведених теплоізоляційних конструкціях неоднорідним є прошарок, в якому розміщені пластикові пляшки із сухим повітрям, а різниця коефіцієнтів теплопровідності сухого і вологого повітря незначна, то при проведенні наступних досліджень, його не враховують.

Для теплоізоляційних конструкцій із різних матеріалів [10], а саме мінеральна вата, пінополістирол, багатошарова конструкція із герметичним повітряним прошарком, проведено числові експерименти з визначення термічних опорів цих матеріалів залежно від їх товщини для отримання оптимальних теплоізоляційних характеристик при підтриманні теплового режиму в біогазовій установці. Результати числових експериментів наведено в табл. 1, а графічні зміни термічних опорів залежно від товщини шару матеріалу зображено на рис. 3.

Таблиця 1

ТОВЩИНА МАТЕРІАЛУ, М	Термічний опір теплоізоляційних матеріалів			
	ТЕРМІЧНИЙ ОПІР R, (М ² ·ГРАД)/ВТ			
	МІНЕРАЛЬНА БАТА, $\lambda=0,050$ ВТ/(М ² ·ГРАД)	ПІНОПОЛІСТ ИРОЛ, $\lambda=0,038$ ВТ/(М ² ·ГРАД)	ТЕПЛОІЗОЛЯ ЦІЙНА ПАНЕЛЬ $\lambda=0,024$ ВТ/ (М ² ·ГРАД)	ТЕПЛОГІДРО ІЗОЛЯЦІЙНА БАГАТОШАР ОВА КОНСТРУКЦІ Я $\lambda=0,026$ ВТ/ (М ² ·ГРАД)
0,05	1,0	1,3	2,1	1,9
0,10	2,0	2,6	4,2	3,8
0,15	3,0	3,9	6,3	5,7
0,20	4,0	5,2	8,4	7,6
0,25	5,0	6,5	10,5	9,5

В запропонованих багатошарових конструкціях (рис. 1, 2) зменшенню тепловтрат сприяють герметичні повітряні прошарки. В цих повітряних прошарках передача тепла здійснюється теплопровідністю, конвекцією та випроміненням [11]. Сумарний ефект теплопровідності повітря і конвективного перенесення оцінюється умовним коефіцієнтом теплопереходу конвекцією $\alpha_{T,K}$, який для вертикальних повітряних прошарків при температурі 0°C визначається за формулою:

$$\alpha_{T,K} = 2,7 \left(\frac{\Delta\tau}{\delta} \right)^{0,25}, \quad (4)$$

де $\Delta\tau$ – різниця температур на поверхнях прошарку.

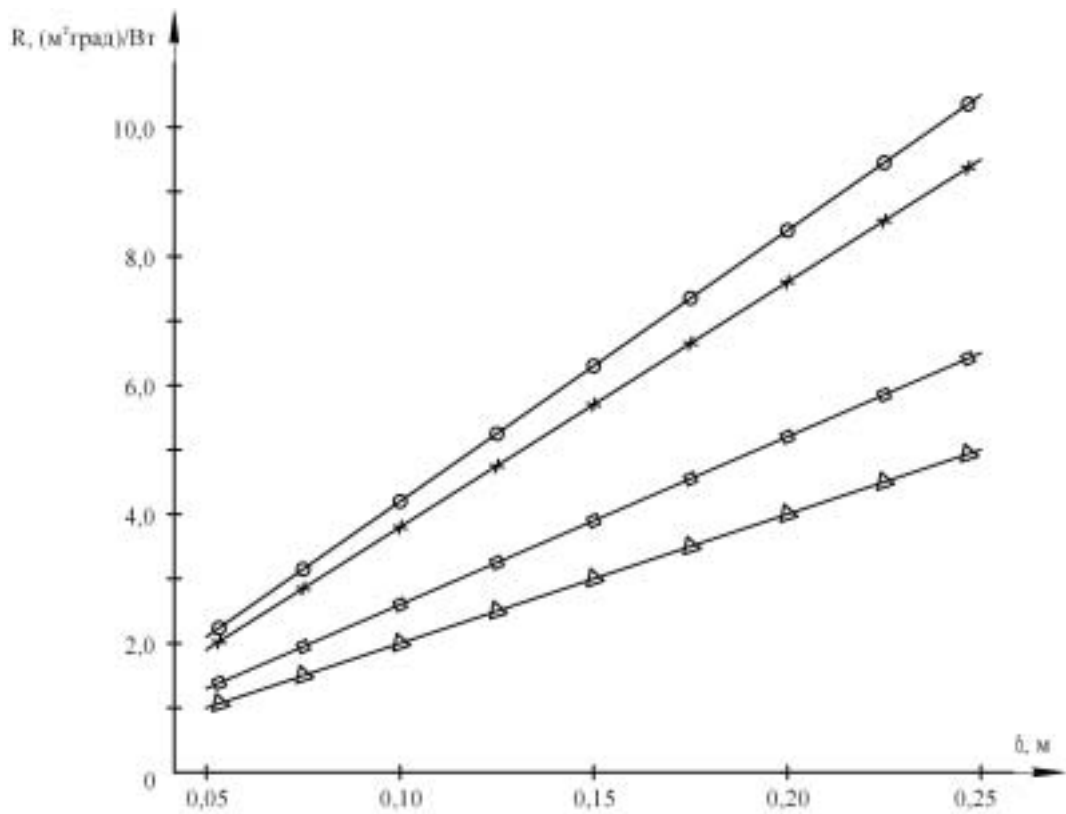


Рис. 3 Зміни термічних опорів теплоізоляційних матеріалів в залежності від їх товщини:

- — теплогідроізоляційна багат шарова конструкція
- ×—×— — теплоізоляційна панель
- — пінополістирол
- △—△— — мінеральна вата

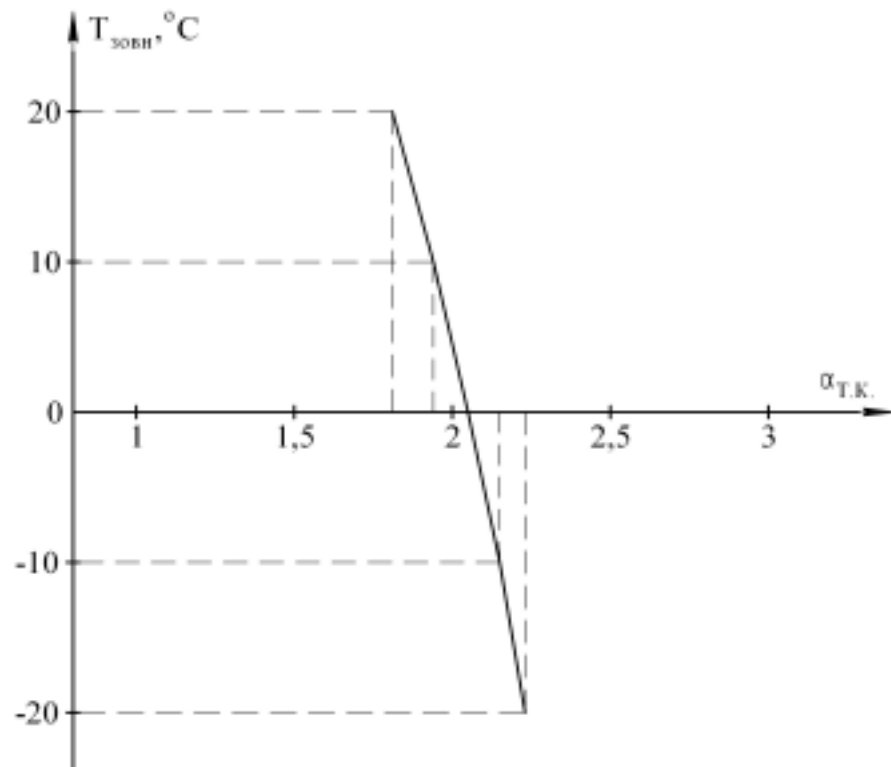


Рис. 4 Графічне зображення залежності коефіцієнта теплопереходу конвекцією від температур зовнішнього середовища
Для герметичних повітряних прошарків теплоізоляційних конструкцій (рис. 1, 2) за результатами

числового експерименту встановлено значення коефіцієнту теплопереходу конвекцією залежно від температур зовнішнього середовища. Результати математичних досліджень показали, що використання в теплоізоляційних матеріалах герметичних повітряних прошарків сприяє підвищенню термічного опору всієї конструкції (рис. 4).

Аналіз результатів чисельного експерименту по визначенню термічних опорів теплоізоляційних матеріалів залежно від їх товщини свідчить про те, що для отримання оптимальних теплоізоляційних характеристик при підтриманні теплового режиму в біогазовій установці найефективнішим є використання запропонованих теплоізоляційних багатошарових конструкцій із герметичним повітряним прошарком. Крім того, затрати на виготовлення запропонованих багатошарових конструкцій є мінімальними завдяки використанню вторинних ресурсів.

Висновки

Суттєвим енергозберігаючим заходом в системах біоконверсії є використання перспективних багатошарових конструкцій з герметичним повітряним прошарком. Ці конструкції мають меншу вартість порівняно з існуючими утеплювачами з мінеральної вати чи пінополістиролу.

За результатами чисельних експериментів встановлено, що запропоновані теплоізоляційні багатошарові конструкції з повітряним прошарком мають більший термічний опір порівняно з традиційними теплоізоляційними матеріалами. Впровадження цих конструкцій в якості теплоізоляції для підтримання необхідного оптимального режиму в біогазових установках є одним із шляхів впровадження в Україні інноваційних енергозберігаючих технологій.

Література

1. Ратушняк Г.С., Джеджула В.В. Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 117 с.
2. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем тепlopостачання. – Вінниця: ВДГУ, 2002. – 120 с.
3. Ткаченко С.Й., Резидент Н.В., Ларюшкін Є.П. Експериментальне дослідження інтенсивності тепловіддачі до багатокомпонентних органічних сумішей // Вісник ВПІ. – 2006. – № 1. – С. 35-44.
4. Ратушняк Г.С., Джеджула В.В. Інтенсифікація теплообміну та термостабілізація біореакторів // Вісник ВПІ. – 2006. – № 2. – С. 26-31.
5. Тихомиров К.В., Сергеенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.
6. Ратушняк Г.С. Будівельна теплофізика/ Г.С.Ратушняк, Г.С.Попова. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 119 с.
7. Ратушняк Г.С., Ратушняк О.Г. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106 с.
8. Пат. № 17230 Україна. Теплоізоляційна панель/ Ратушняк Г.С., Анохіна К.В., Чухряєва О.Г., Державний департамент інтелектуальної власності. – № u200603243; Заяв. від 27.03.2006; Опубл. 15.09.2006. Бюл. № 9.
9. Пат. № 26811 Україна. Теплогідроізоляційна покрівля/ Ратушняк Г.С., Анохіна К.В., Ратушняк О.Г., Державний департамент інтелектуальної власності. – № u200704953; Заяв. від 03.05.2007; Опубл. 10.10.2007.
10. ДБН В.2.6– 31: 2006. Теплова ізоляція будівель/ Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 62 с.
11. Могилат А.Н., Кривобок Э.Н. Проектирование теплозащиты покрытий гражданских зданий. – К.: Будівельник, 1982. – 104 с.

Надійшла 3.12.2008 р.