

– 286 с.

3. Скобцов Ю.А. Логическое моделирование и тестирование цифровых устройств / Ю.А. Скобцов, В.Ю. Скобцов. – Донецк: ИПММ НАН Украины, ДонНТУ, 2005. – 436 с.

4. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевський. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.

5. Поморова О.В. Проблеми представлення знань у багатокomпонентних системах діагностування мікропроцесорних пристроїв / О.В. Поморова, О.Я. Олар // Сучасні інформаційні технології «Дні науки'2005»: матер. міжнар. наук. – прак. конф., 15–27 квітня 2005 р. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – Т. 34. С. 16–18.

6. Поморова О.В. Узагальнена формальна модель процесу інтелектуального діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем / О.В. Поморова, О.Я. Олар // Радіоелектронні і комп'ютерні системи, / ХАІ. – 2008. – № 5 (32). – С. 133-138.

7. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: навч. посіб. / [Б.М. Герасимов, В.М. Локажук, О.Г. Оксіюк, О.В. Поморова]. – К.: Європ. ун-т, 2007. – 355 с.

8. Lokazyuk V. Software for Creating Knowledge Base of Intelligent Systems of Diagnosing Process / V. Lokazyuk, O. Olar, V. Lyaskevych // Advanced Computer System and Networks: Design and Application: ACSN 2009. – Lviv, 2009. – P. 140–145.

9. Wille R. Conceptual Graphs and Formal Concept Analysis / R. Wille; In: D. Lukose, H. Delugach, M. Keeler, L. Searle, John F. Sowa (eds.) // Conceptual Structures: Fulfilling Peirce's Dream, Proceedings of the Fifth International Conference on Conceptual Structures (ICCS'97), 3-8 August, Berlin: Springer Verlag, 1997. – No. 1257. – P. 290–303.

Надійшла 21.2.2010 р.

УДК 517.977.5

Г.С. РАТУШНЯК, В.В. ДЖЕДЖУЛА, К.В. АНОХІНА
Вінницький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ТЕПЛООБМІНУ В БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРАХ

Розглянуто основні особливості нестационарних процесів теплообміну в біореакторах. Запропоновано математичну модель, що описує дані процеси. Використання отриманої моделі дозволить покращити процеси управління реакторами та дотримуватися технологічних режимів.

The basic features of non-stationary processes of heat exchange in bioreactors are considered. The mathematical model which describes the given processes is offered. Use of the received model will allow to improve managerial processes by reactors and to adhere to technological modes.

Ключові слова: моделювання, нестационарний теплообмін, біореактор.

Вступ. Аналіз проблеми.

Для України найактуальнішою проблемою є необхідність зменшити енергетичні витрати, зокрема вживання природного газу, що, в свою чергу, ставить на межі виживання ряд галузей народного господарства. Питома вага природного газу в енергетичному балансі складає близько 42 %, що в 2 рази перевищує аналогічний показник США і ЄС [1]. Саме тому біомаса – четверте за значенням паливо у світі – виходить на перший план, хоча поки що забезпечує лише 14 % загальносвітового вживання первинних енергоносіїв. Поновлювані ресурси палива біологічного походження України (побутові та промислові відходи, нетоварні відходи сільського та лісового господарства, стоки міст та відходи тваринництва) оцінюються в 46 млн т у. п. щорічно. Основна проблема застосування цих енергоносіїв полягає у відсутності відповідної техніки і не відпрацьованості технологій їх заготівлі, підготовки та ефективного використання [2].

Виробництво біогазу є одним із пріоритетних напрямів альтернативного енергозабезпечення. Процес анаеробного бродіння протікає при трьох основних температурних режимах: психрофільному – температура бродіння 20 °С, мезофільному – оптимальна температура 32...33 °С, термофільному 52...54 °С. Будь-які різкі зміни температури впливають негативно на процес бродіння. Для кожного режиму зброджування допустимі коливання температур $\pm 3^\circ\text{C}$. Метаболічна активність анаеробних бактерій знаходиться в прямій залежності від температури середовища [3]. Процес нагрівання субстрату залежить від багатьох чинників: термічного опору стінок реактору, виду й маси субстрату, його теплофізичних властивостей, температури теплоносіїв, розмірів і конструкції теплообмінних апаратів, режиму перемішування субстрату.

Метою даної статті є дослідження особливостей нестационарного теплообміну в біогазових реакторах і створення математичної моделі, що описує цей процес.

Результати дослідження

Розглянемо біогазовий реактор, що обладнаний лопатевою мішалкою і трубчастим нагрівником (рис. 1). По нагрівнику протікає теплоносія, максимальна температура якого не повинна перевищувати 60° С для запобігання перегріву зони біля нагрівника і збереження технологічного процесу анаеробного бродіння.

Температура середовища в біогазовому реакторі $t_1 = f(\tau)$ є функція від часу. Прийнемо постійними температуру теплоносія на подачі t_2^p , який передає субстрату тепло Q_2 , термічний опір стінки реактора R , площу теплообмінної поверхні нагрівника F_2 , площу бічної поверхні реактора F_1 через яку відбуваються втрати тепла Q_1 , об'єм реактора W . Змінними величинами є температура зворотної води t_2^z ; коефіцієнт теплопередачі від нагрівника до середовища k_2 , що залежить від теплофізичних властивостей субстрату і теплоносія, режиму омивання теплообмінної поверхні; зовнішня температура t_{zv} . Диференціальне рівняння теплового балансу реактора при нестационарних умовах роботи запишемо у вигляді:

$$W \cdot \rho \cdot c_1 \frac{\partial t_1}{\partial \tau} = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2^p - t_2^z) - \frac{F_1}{R} \cdot (t_1 - t_{zv}), \quad (1)$$

де ρ – густина субстрату;
 c_2 – теплоємність теплоносія;
 c_1 – теплоємність субстрату.

Теплофізичні властивості субстрату знайдемо згідно з рівняннями, наведеними у [4]:

$$\rho = 1000 + 2,4 \cdot c; \quad (2)$$

$$c_1 = c_{сух} \cdot s + c_в \cdot (1 - s); \quad (3)$$

$$\mu = \mu_в \cdot \left[1 + 10 \cdot \left(\frac{10 \cdot (c - 2)}{(11 - \beta_u \cdot c)} + c \right) \right], \quad (4)$$

де s – вміст сухих речовин 2...15 %;
 $c_{сух}$ – теплоємність сухої речовини субстрату;
 $c_в$ – теплоємність води;
 $\mu_в$ – в'язкість води при певній температурі;
 β_u – коефіцієнт, що залежить від виду стоків і складає 0,7...0,75 для великої рогатої худоби та $\beta_u = 0,6...0,7$ для свиней.

У зв'язку зі нестационарністю процесу змінною є також температура зворотної води t_2^z , значення якої знайдемо з теплового балансу теплообмінного апарату:

$$dQ = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2^p - t_2^z) d\tau = F_2 \cdot k_2 \cdot \Delta t_c d\tau. \quad (5)$$

Середній температурний напір Δt_c у теплообміннику знайдемо за відомою формулою

$$\Delta t_c = \frac{\Delta t_a - \Delta t_i}{\ln \left(\frac{\Delta t_a}{\Delta t_i} \right)}, \quad (6)$$

де $\Delta t_a = t_1 - t_2^p, \Delta t_i = t_1 - t_2^z$

Підставивши значення середнього температурного напору Δt_c у рівняння (5) визначимо, що температура зворотної води із теплообмінника

$$t_2^z = \left[t_1 \cdot \left(e^{\frac{k_2 \cdot F_2}{G_2 \cdot c_2}} - 1 \right) + t_2^p \right] / e^{\frac{k_2 \cdot F_2}{G_2 \cdot c_2}}. \quad (7)$$

Значення коефіцієнту теплопередачі k_2 знайдемо використовуючи емпіричні рівняння для коефіцієнту тепловіддачі від теплоносія до стінки нагрівника [5]:

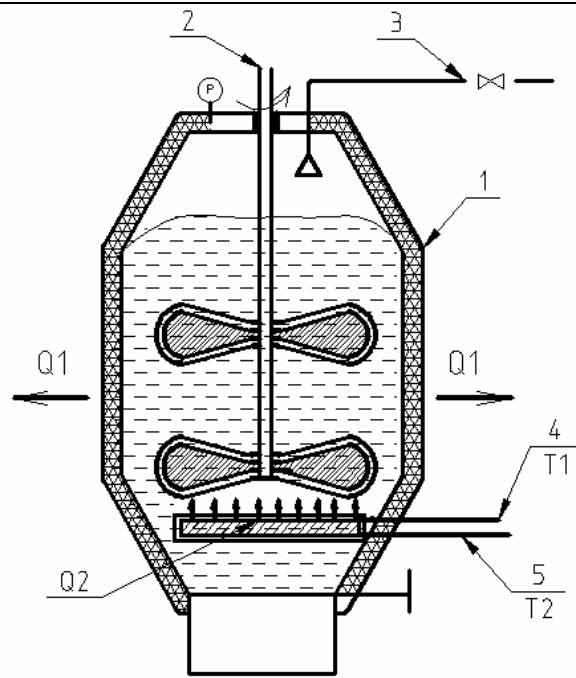


Рис. 1. Біогазовий реактор з лопатевою мішалкою та теплообмінником
 1 – утеплений корпус;
 2 – лопатева мішалка;
 3 – трубопровід відводу біогазу;
 4 – подаючий трубопровід теплоносія;
 5 – зворотній трубопровід теплоносія

$$Nu_1 = 0,021 Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \left(\frac{Pr_1}{Pr_{st1}} \right)^{0,25} \quad (8)$$

Для визначення коефіцієнта тепловіддачі від стінки нагрівника до субстрату при омиванні нагрівника мішалкою із максимальною технологічною швидкістю, скористаємось емпіричною залежністю, наведеною у [5] для поперечного омивання одиничної труби в діапазоні $1000 \leq Re \leq 20000$,

$$Nu_2 = 0,25 Re_2^{0,6} \cdot Pr_2^{0,38} \left(\frac{Pr_2}{Pr_{st2}} \right)^{0,25}, \quad (9)$$

де Re_1 – критерій Рейнольдса при течії теплоносія в трубі;
 Re_2 – критерій Рейнольдса при омиванні субстратом нагрівника;
 Pr_1 – критерій Прандтля для теплоносія при середній його температурі;
 Pr_{st1} – теж саме при температурі стінки;
 Pr_2 – критерій Прандтля для субстрату при середній його температурі;
 Pr_{st2} – теж саме при температурі стінки нагрівника.

Моделювання в математичному пакеті MathCad виконано відповідно до початкових умов:

температура теплоносія $t_{\text{в}} = 60$ °C; термічний опір стінки утепленого реактора $R = 1$ м² °C/Вт; площа бічної поверхні реактора $F_1 = 12$ м²; витрата теплоносія $G = 2$ м³/год; площа тепловіддачі нагрівника $F_2 = 2$ м²; об'єм реактора $W = 4,5$ м³ (об'єм субстрату прийнято $W' = 4,0$ м³); зовнішня температура $t_{\text{зв}} = -5$ °C; вміст сухих органічних речовин $s = 8$ %, відходи ВРХ $\beta_u = 0,7$; умовний діаметр труби нагрівника 25 мм. За результатами чисельного моделювання отримано графічну залежність часу нагрівання субстрату біореактора від температури процесу (рис. 2).

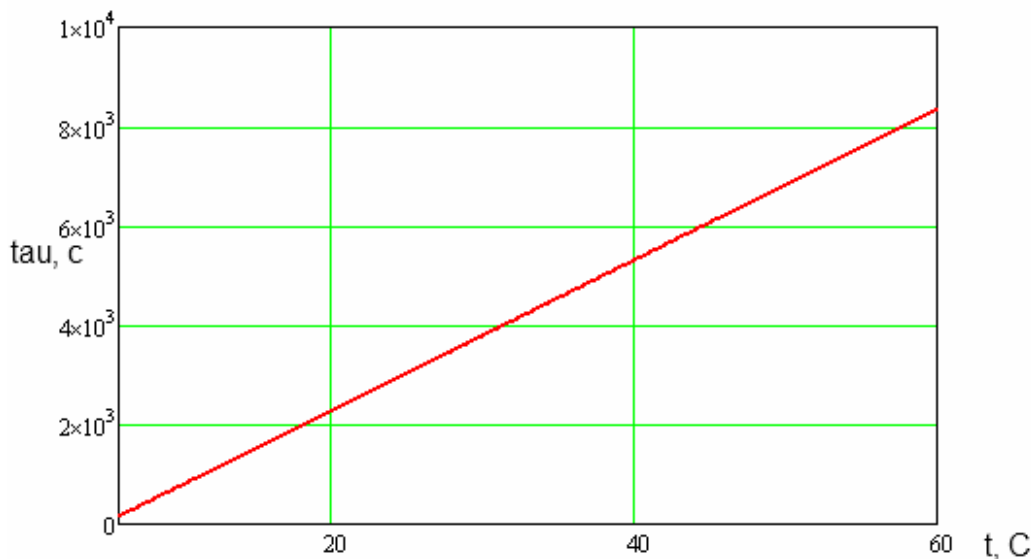


Рис. 2. Залежність часу нагрівання біореактора від температури процесу

При розробці математичної моделі прийнято, що температура субстрату є рівномірною по всьому об'єму. Рівномірність прогрівання субстрату в біореакторі можна досягнути тільки при ретельному перемішуванні в межах технологічних швидкостей. При дослідженні температури зворотної води особливу увагу необхідно звернути на робочий температурний перепад $(t_2^p - t_2^z)$, який для нормального функціонування котельного обладнання повинен бути в межах 10...25 °C.

Якщо використовувати погано теплоізолюваний біореактор ($R = 0,04$ м² °C/Вт та з неправильно підібраним теплообмінником $F_2 = 0,2$ м², то деяких необхідних температурних режимів взагалі неможливо досягнути, (рис. 3) про що свідчить характер залежності $\tau(t)$ – недосяжний термофільний режим в неправильно запроєктованому біореакторі. Це відбувається тому, що зі збільшенням часу нагрівання субстрату в не утепленому біореакторі температура анаеробного процесу практично не досягає оптимального значення для збереження максимальної продуктивності з виробництва біогазу.

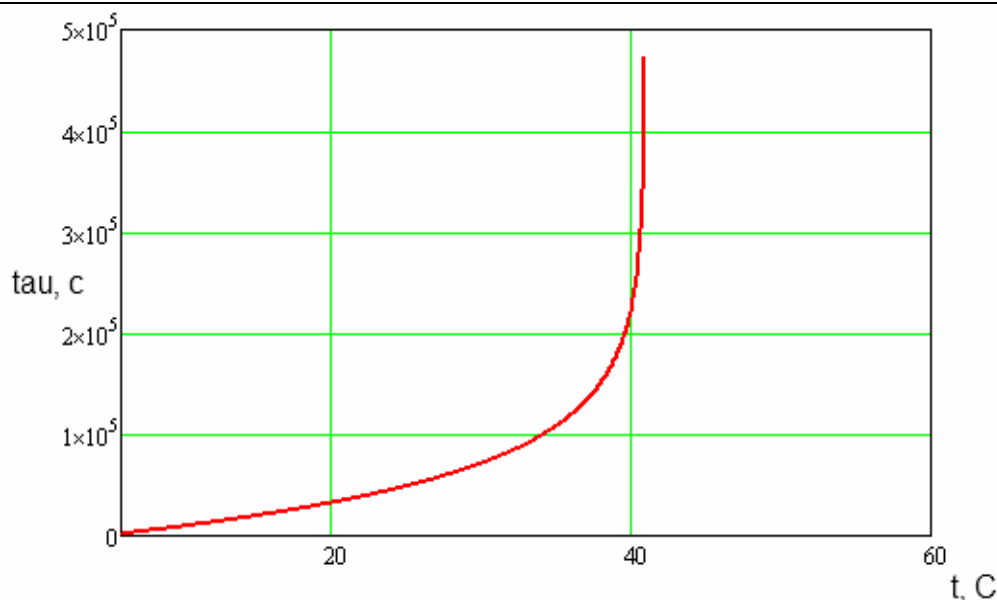


Рис. 3. Залежність часу нагрівання не утепленого біореактора від температури процесу

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто основні особливості нестационарних процесів теплообміну в біореакторах. Наведено рівняння для визначання теплофізичних властивостей субстрату.
2. Запропоновано математичну модель, що описує дані процеси. Використання отриманої моделі дозволить покращити процеси управління реакторами та дотримуватися технологічних режимів.
3. Моделювання відповідно до наведених початкових умов дало змогу визначити, що нагрів утепленого реактору об'ємом 4,5 м³ до режиму мезофільного бродіння відбудеться за 67 хвилин, а термофільний режим досягнеться через дві години.

Література

1. Сердюк В.Р., Франишена С.Ю. Енергозбереження в будівництві – вимога сьогодення/ // Вісник ВПІ. – 2009. – № 4. – С. 17– 21. – ISSN 1997–9266.
2. Комплексна державна програма енергозбереження України. Офіц. текст станом на 15.11.2009 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://naer.gov.ua/?p=451>
3. Биогаз: Теория и практика / Баадер Б., Доне Е., Брендерфер М.; Пер. с нем. М. И. Серебрянного. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
4. Ратушняк Г.С., Джеджула В.В. Интенсификация биоконверсии коливальним перемішуванням субстрату: Монографія – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2008. – 117 с. – ISBN 978-966-641-272-3.
5. Исаченко В.П. Теплопередача: Учебник для вузов. – 3-е, изд. перераб. и доп. М.: Энергия, – 1975. – 488 с.

Надійшла 4.2.2010 р.

УДК 621.395

О.В. ІВАНОВ

Хмельницький національний університет

ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ОБ'ЄДНАНИХ КОМУНІКАЦІЙ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТА СУПРОВОДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ

В статті розглянуто організацію технологічних бізнес-процесів та впровадження об'єднаних комунікацій на підприємствах.

The article comprises an introduction of organization of technological business-processes and adoption of united communications at business

Ключові слова: система уніфікованих (поєднаних) комунікацій, функціональні компоненти, корпоративні комунікації, технологічні рішення, фрагментація, розподілена інфраструктура.

Найпоширеніші компоненти сучасних комунікацій – настільні телефони, настільні комп'ютери, ноутбуки, факс-апарати, електронна пошта, мобільні телефони, смартфони тощо. Трапляється, що, вирішуючи просту, проте термінову задачу, доводиться витратити безліч часу на пошук, обмін миттєвими повідомленнями, телефонні дзвінки і відправку повідомлень електронної пошти працівнику, що може дати