

3. Петрик М.Р. Моделирование и анализ концентрационных полей нелинейной конкурентивной двухкомпонентной диффузии в среде нанопористых частей / М.Р. Петрик, Ж. Фрессард, Д.М. Михалик // Проблемы управления и информатики. – 2009. – № 4. – С. 73-83.
4. Бомба А.Я. Асимптотичний метод розв'язання одного класу модельних сингулярно збурених задач процесу масопереносу в різнопористих середовищах / А.Я. Бомба, І.М. Присяжнюк, О.В. Присяжнюк // Доповіді НАН України. – 2013. – № 3. – С. 28-34.
5. Присяжнюк І.М. Математичне моделювання просторових сингулярно збурених процесів конвективно-дифузійного масопереносу в двопористих багатшарових середовищах / І.М. Присяжнюк, Ю. Є. Климяк, О.В. Присяжнюк // Збірник наукових праць. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – №39 (1082) – С. 159–177.
6. Присяжнюк О.В. Асимптотичний метод розв'язання нелінійних сингулярно збурених задач типу «конвекція-дифузія-масообмін-терморегім» / О.В.Присяжнюк, І.М. Присяжнюк // Волинський математичний вісник. Серія прикладна математика. –2011. – Вип. 8(17). - С. 140–152.

УДК 66.011, 519.855

НЕАВТОНОМНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ОБ'ЄМУ ЗАЛИШКОВОЇ МАСИ БАНАНОВИХ ВІДХОДІВ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЇЇ ПАРАМЕТРІВ

Гураль І.В.¹⁾, Піговський Ю.Р.²⁾

Тернопільський національний економічний університет

¹⁾ аспірант, ²⁾ к.т.н.

I. Постановка проблеми

Одною з основних проблем великих міст є потреба в утилізації органічних відходів, а серед можливих варіантів вирішення зазначеної проблеми є перетворення цих відходів в біогаз шляхом анаеробного мікробіологічного бродіння в біогазових установках.

Аналіз процесів анаеробного мікробіологічного бродіння показав, що на обсяг виходу біогазу найбільше впливають такі фактори як: температура (Т) ферментації, концентрація субстрату (S) та склад органічної речовини [1], що є основними факторами впливу.

Незважаючи на те, що існують вже розроблені та визнані моделі процесу, задача моделювання анаеробного мікробіологічного бродіння в біогазових установках залишається актуальною і на сьогоднішній день [2]. Зокрема більшість математичних макромоделей анаеробного мікробіологічного бродіння в біогазових установках описують автономну систему [3]. Разом з тим реальний процес є неавтономним, оскільки вимагає урахування факторів впливу, один з яких є температура субстрату.

II. Приклад параметричної ідентифікації математичної моделі процесу анаеробного мікробіологічного бродіння у біогазових установках

Розглянемо задачу ідентифікації математичної моделі динаміки об'єму залишкової маси органічних відходів, а саме бананових шкірок [3], при різних температурних режимах. Процес бродіння спостерігався протягом 50 діб з кількістю дискрет $k=0, \dots, 41$. В межах мезофільного температурного режиму змінювали діапазони температур до таких значень: $[T^-; T^+] = [28; 40] \text{ } ^\circ\text{C}$, $[T^-; T^+] = [30; 38] \text{ } ^\circ\text{C}$ та $[T^-; T^+] = [32; 35] \text{ } ^\circ\text{C}$. Концентрацію S при цьому залишали незмінною. При цьому за основу зазначеної динаміки використовуємо нелінійне інтервальне рівняння у вигляді:

$$[v_k^-; v_k^+] = [v_{k-1}^-; v_{k-1}^+] - \frac{h \cdot [g_1^-; g_1^+] \cdot [v_{k-1}^-; v_{k-1}^+] \cdot (1 + h \cdot ([g_2^-; g_2^+] \cdot [v_{k-2}^-; v_{k-2}^+] - [g_3^-; g_3^+]))}{([g_4^-; g_4^+] + [v_{k-1}^-; v_{k-1}^+])}, \quad k = 1, \dots, K, \quad (1)$$

Задамо умову для забезпечення прогнозу інтервальних оцінок об'єму залишкової маси органічних відходів в процесі переробки в заданих межах, визначених похибками вимірювальних пристроїв:

$$[\widehat{v}_{k+1}^-] = [\widehat{v}_{k+1}^-; \widehat{v}_{k+1}^+] \subseteq [v_{k+1}^-] = [v_{k+1}^-; v_{k+1}^+], \quad (2)$$

де $k = 0, \dots, 1$ – часові дискрети.

Виходячи із умов (2) структура інтервальної системи алгебричних рівнянь [4] матиме такий вигляд:

$$v_{k+1}^- \leq [v_{k-1}^-; v_{k-1}^+] - \frac{h \cdot [g_1^-; g_1^+] \cdot [v_{k-1}^-; v_{k-1}^+] \cdot (1 + h \cdot ([g_2^-; g_2^+] \cdot [v_{k-2}^-; v_{k-2}^+] - [g_3^-; g_3^+]))}{([g_4^-; g_4^+] + [v_{k-1}^-; v_{k-1}^+])} \leq v_{k+1}^+, k=2 \dots 41. \quad (3)$$

При цьому за початкові умови покладемо інтервальні оцінки об'ємів залишкової маси органічних відходів в реакторі біогазової установки з відхиленнями в межах $\pm 1\%$ маси завантажених в реактор бананових шкірок $[v_{k=0}^-]$ та $[v_{k=1}^-]$. При цьому використаємо дані, наведені у праці [2].

В результаті знайдено параметри моделі процесу переробки органічних відходів в інтервальному вигляді. При температурі $[T^-; T^+] = [28; 40] \text{ }^\circ\text{C}$ отримано такі параметри: $[g_1^-; g_1^+] = [3,311; 6,571]$, $[g_2^-; g_2^+] = [3,197; 6,817]$, $[g_3^-; g_3^+] = [2,520; 6,494]$, $[g_4^-; g_4^+] = [3,665; 6,582]$; при температурі $[T^-; T^+] = [30; 38] \text{ }^\circ\text{C}$: $[g_1^-; g_1^+] = [3,963; 7,683]$, $[g_2^-; g_2^+] = [4,781; 7,519]$, $[g_3^-; g_3^+] = [4,645; 9,005]$, $[g_4^-; g_4^+] = [3,905; 8,069]$; а при температурі $[T^-; T^+] = [32; 35] \text{ }^\circ\text{C}$: $[g_1^-; g_1^+] = [5,066; 8,029]$, $[g_2^-; g_2^+] = [5,897; 8,757]$, $[g_3^-; g_3^+] = [2,592; 7,613]$, $[g_4^-; g_4^+] = [6,039; 8,949]$. Для знаходження розв'язку отриманого рівняння використовувався алгоритм, описаний у праці [4]. Програмне забезпечення для реалізації вказаного алгоритму, створено на основі мови програмування C#.

III. Побудова неавтономної моделі процесу виробництва біогазу

Для усіх температурних режимів процесу анаеробного мікробіологічного бродіння відходів у вигляді бананових шкірок отримано математичну модель, яка описує процеси динаміки об'єму залишкової маси в реакторах, при цьому коридори динаміки об'єму залишкової маси знаходяться в межах коридору експериментальних даних, що забезпечує адекватність математичної моделі. Слід зауважити, що отримана математична модель є неавтономною, оскільки оцінки параметрів залежать від заданих температурних діапазонів.

Перейдемо до єдиного інтервального рівняння, яке адекватно описує зміну інтервалу температур в межах $[T^-; T^+] = [28; 40] \text{ }^\circ\text{C}$, тобто включає всі температурні інтервали, які можуть використовуватися для управління процесом бродіння. На рис. 1 показано, що коридор для інтервальної моделі динаміки зміни об'єму залишкової маси субстрату включає коридори, отримані для інших температурних режимів.

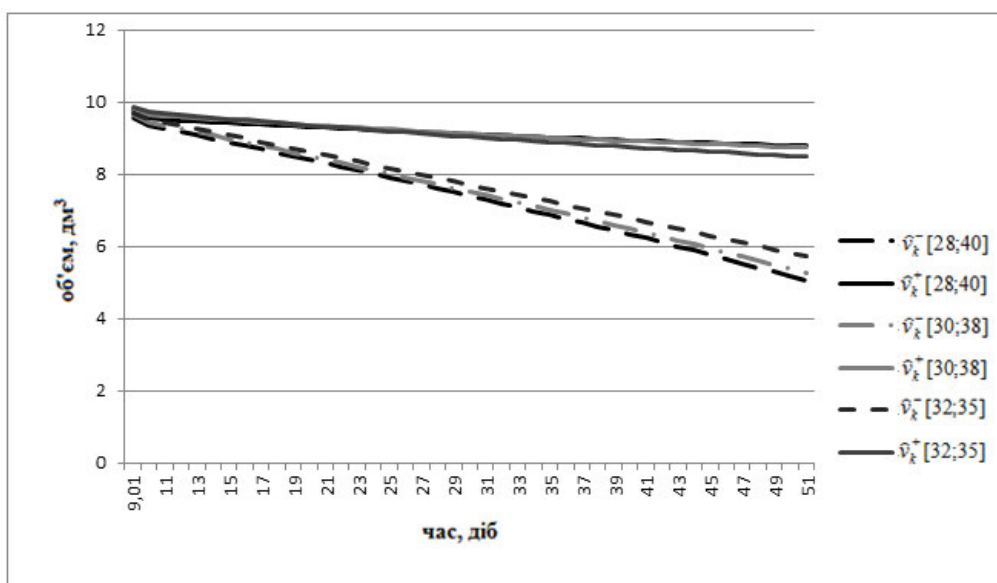


Рисунок 1 - Результати моделювання коридорів динаміки об'єму залишкової маси бананових відходів в реакторі біогазової установки для різних температурних режимів:

$$[T^-; T^+] = [28; 40] \text{ }^\circ\text{C}, [T^-; T^+] = [30; 38] \text{ }^\circ\text{C} \text{ та } [T^-; T^+] = [32; 35] \text{ }^\circ\text{C}$$

Отже, можемо вважати, що єдиною інтервальною моделлю, для всього температурного діапазону, є інтервальне різницеве рівняння (1), з такими інтервальними оцінками коефіцієнтів: $[g_1^-; g_1^+] = [3,311; 6,571]$, $[g_2^-; g_2^+] = [3,197; 6,817]$, $[g_3^-; g_3^+] = [2,520; 6,494]$, $[g_4^-; g_4^+] = [3,665; 6,582]$.

Висновок

Проведено ідентифікацію більш загальних рівнянь у вигляді інтервального різницевого рівняння (1) та досліджено зміну інтервалів коефіцієнтів в залежності від інтервальних оцінок факторів впливу.

Встановлено єдину неавтономну модель динаміки об'єму залишкової маси субстрату на основі бананових шкірок, яка забезпечує адекватне відображення динаміки зазначеного процесу для цілого діапазону температур, який як правило, реалізує мезофільний режим процесу бродіння.

Перевагою запропонованого підходу є можливість дослідження температурних режимів бродіння (в межах мезофільного режиму), з метою досягнення найбільш ефективного, за часовим показником, отримання біогазу в біогазових установках.

Список використаних джерел

1. Гураль І.В. Біохімічний аналіз процесів в біогазових установках та його застосування в задачі макромодельовання процесів виробництва біогазу / І.В. Гураль, М.П. Дивак // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – Хмельницький, 2014 – С.152-158.
2. Дивак М.П. Інтервальне представлення динаміки анаеробного мікробіологічного бродіння в біогазових установках [Електронний ресурс] / М.П. Дивак, І.В. Гураль // Індуктивне моделювання складних систем. – 2014. – В. 6. – С. 55-68.
3. Norazwina Zaino. Kinetics of Biogas Production from Banana Stem Waste, Biogas, Dr. Sunil Kumar (Ed.). – 2012 – P. 395-408. – ISBN: 978-953-51-0204-5, InTech.
4. Дивак Т. М. Практичні аспекти застосування методу та алгоритму параметричної ідентифікації дискретних динамічних систем з інтервальною невизначеністю [Електронний ресурс] / Т. М. Дивак, Ю. Р. Піговський, М. П. Дивак, Є. О. Марценюк // Індуктивне моделювання складних систем. – 2010. – Вип. 2. – С. 39-49.

УДК 004.054

МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ТКАНИН ХІРУРГІЧНОЇ РАНИ ПІД ЧАС ОПЕРАЦІЇ НА ЩИТОПОДІБНІЙ ЗАЛОЗІ У ВИГЛЯДІ ЗАМІСНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

Дивак М.П.¹⁾, Падлецька Н.І.²⁾, Дивак А.М.³⁾, Ковальська Л.Й.⁴⁾

¹⁾ Тернопільський національний економічний університет, д.т.н., професор;

²⁾ Тернопільський національний економічний університет, аспірант;

³⁾ Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України, студент

⁴⁾ Тернопільська комунальна міська лікарня швидкої допомоги №1, лікар

І. Постановка проблеми

Хірургічні операції на щитоподібній залозі пов'язані із ризиком пошкодження зворотного гортанного нерва (ЗГН). Тому в процесі операції необхідно використовувати засоби виявлення ЗГН. Один із сучасних технічних засобів, призначений для виявлення ЗГН, описано в патенті [1]. Принцип функціонування пристрою ґрунтується на подразненні області хірургічного втручання змінним електричним струмом фіксованої частоти з подальшою реєстрацією скорочення голосових зв'язок і оцінюванні результатів цього подразнення на основі аналізу параметрів отриманого інформаційного сигналу [1]. При цьому, в залежності від типу тканини в точці подразнення параметри інформаційного сигналу (його амплітуда) будуть відрізнятися через малу провідність електричного струму м'язовими тканинами і високу провідність струму гортанним нервом та м'язами, які керують натягом голосових зв'язок. Разом з тим, якість та точність виявлення ЗГН з поміж тканин хірургічної рани в значній мірі залежить від особливостей гортані пацієнта та частоти струму подразнення і електричних властивостей тканин хірургічної рани. Тому актуальним є встановлення цих властивостей для подальшого удосконалення вище наведеного способу виявлення ЗГН з метою зменшення ризику його пошкодження під час операції на щитоподібній залозі.