

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПОТОКІВ СУБСТРАТУ У БІОГАЗОВОМУ
РЕАКТОРІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ

Сподоба М. О., доктор філософії (PhD), e-mail: spmisha@ukr.net

Сподоба О. О., доктор філософії (PhD), e-mail: sp1309@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Актуальність дослідження. Біогазові технології посідають одне з перших місць у формуванні сучасної енергетичної системи країн. У Іспанії, Німеччині, Бельгії, Франції та інших країнах світу стрімкими темпами відбувається зростання попиту на використання побутових біогазових реакторів малого об'єму, у якому зброджуються харчові відходи [1, 2]. Одним з перших та відомих виробників малих біогазових установок є компанія Home Biogas. Використання біогазових установок на присадибних ділянках дозволить вирішити кілька питань економічної, енергетичної та екологічної важливості. Перероблені харчові відходи у таких біогазових установках дозволяє їх подальше використання у якості добрив для вирощення екологічно чистих продуктів на власних присадибних ділянках. Поруч з цим важливим аспектом є отримання цінного енергетичного ресурсу у вигляді біогазу, який можна використовувати у власних потребах для опалення житлових та виробничих приміщень, приготування їжі, підігріву води та інших потреб.

Рентабельність біогазових установок залежать від енергетичної ефективності процесів необхідних для підтримки сприятливих для утворення метану параметрів мікроклімату [3, 4].

Вищезазначені позитивні фактори від використання малих біогазових установок у присадибних ділянках дають перспективні напрями для досліджень, а саме: використання раціональних параметрів систем інтенсифікації для забезпечення рівномірного та максимального виходу біогазу з мінімальними витратами на підтримку необхідного мікроклімату. Процес анаеробного зброджування відходів є довготривалим, тому одним з основних методів інтенсифікації біогазового виробництва є їх перемішування [3, 4]. Основне завдання якого полягає у створенні однорідної субстанції з однаковою температурою, кислотністю та іншими фізико-хімічними складовими у будь-якій точці об'єму. Тому, актуальними дослідженнями є встановлення впливу швидкості перемішування субстрату на швидкість розповсюдження потоків субстрату у біогазових реакторах.

Мета дослідження. Визначення векторів розповсюдження потоків субстрату у біогазовому реакторі циліндричної форми, при використанні лопатевої двоярусної мішалки.

Основні матеріали досліджень. Згідно з метою дослідження, було проведено моделювання перемішування у вертикальному циліндричному біогазовому реакторі з лопатевою двоярусною мішалкою. Для цього виконано наступні дії: створено тривимірну модель біогазового реактора з перемішувальним пристроєм; використовуючи рівняння Нав'є-Стокса та програмний комплекс SolidWorks із додатком Flow Simulation [5], виконано моделювання перемішування субстрату.

Для проведення 3D моделювання використано такі початкові умови: фізико-хімічні

параметри субстрату: в'язкість $\mu = 0,048 \text{ Па} \cdot \text{с}$, густина $\rho = 1024 \text{ кг} / \text{м}^3$. Вертикальний циліндричний біогазовий реактор з наступними геометричними параметрами: об'єм реактора

$V_{\text{реак}} = 0,05 \text{ м}^3$, діаметр $D = 0,37 \text{ м}$, висота субстрату у біогазовому реакторі $H = 0,44 \text{ м}$.

Висота від днища біогазового реактора до нижньої частини лопаті мішалки $s = 0,09 \text{ м}$; висота

лопатей $h = 0,01 \text{ м}$, діаметр мішалки $d_m = 0,3 \text{ м}$. Швидкість обертання робочого органу

двоярусної лопатевої мішалки, при встановлені лопатей під кутом 45° дорівнює $n = 40 \text{ об/хв}$.

У результаті проведення моделювання перемішування субстрату, згідно з початковими умовами, отримано картини траєкторій переміщення елементарних об'ємів та швидкостей потоків субстрату у біогазовому реакторі (рис. 1).

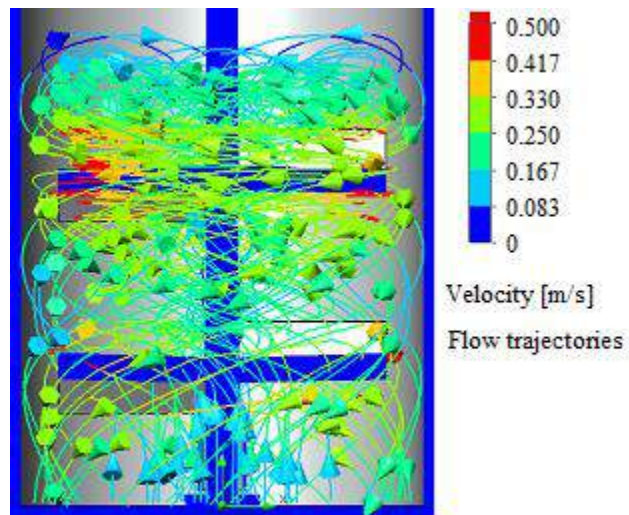


Рисунок 1 – Траєкторії переміщення елементарних об'ємів та швидкостей потоків субстрату у біогазовому реакторі.

При швидкості обертання мішалки 40 об/хв (рис. 1) переміщення потоків набувають максимальних швидкостей біля країв лопатей перемішуючого пристрою. При цьому, у верхніх шарах речовини та між ярусами лопатей швидкість потоків знаходиться у межах від 0,1 до 0,417 м/с [5]. Середня швидкість переміщення потоків у об'ємі субстрату становить 0,273 м/с (рис. 1). У нижній частині реактора спостерігаються ділянки інтенсивного підйому речовини із днища реактора, які виникають внаслідок появи всмоктувального ефекту, що пов'язано з відцентровими силами. Підйом речовини з днища біогазового реактора забезпечує відсутність ущільнення осаду. Така картина розподілу швидкостей забезпечує встановлення однакої середньої швидкості потоків у всьому об'ємі речовини та рівномірного перемішування субстрату у біогазовому реакторі малого об'єму [5].

Висновки. Встановлено, що при частоті обертання мішалки 40 об/хв у біогазовому реакторі відбувається встановлення однакої середньої швидкості потоків у всьому об'ємі субстрату. Забезпечується рівномірне перемішування, а також розподілення однакої концентрації твердих та рідких фракцій субстрату по об'єму біогазового реактора. Зниження ущільнення осаду призводить до збільшення поживних речовин для метаноутворюючих бактерій, підвищення розкладу органічної речовини та виходу об'єму біогазу. Отримані результати вказують на доцільність подальших досліджень щодо впливу швидкості перемішування субстрату на швидкість розповсюдження потоків субстрату у біогазових реакторах за різних типів субстратів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Hatsenko K. V. Voloshin N. D. Technology of biogas production on the basis of food waste. Collection of scientific works of the Dnipro State Technical University (technical sciences). Dnipropetrovsk, 2019. Vol. 1, № 34. P. 131-136. DOI: [10.31319/2519-2884.34.2019.26](https://doi.org/10.31319/2519-2884.34.2019.26)
2. WBA. Global Potential of Biogas; World Biogas Association: London, UK, 2019.
3. M. Zablodskiy, M. Spodoba, O. Spodoba. "Experimental investigation of energy consumption for the process of initial heating of a substrate for the use of electric heat-mechanical system." Electrical Engineering and Power Engineering, №1, 2022, pp. 49–59.
4. Zablodskiy M.M., Spodoba M.O. Rationale for creating an electrothermomechanical system for mixing and heating biomass. Energy and Automation, Kyiv, no. 5, pp. 136-148, 2020. <http://dx.doi.org/10.31548/energiya2020.05.136>
5. M. Zablodskiy and M. Spodoba, "Determination of energy efficient level of the speed of mixing body of electromechanical system", Kremenchuk: Electromechanical and energy saving systems, vol. 4, no. 52, pp. 17-26, 2020. <http://dx.doi.org/10.30929/2072-2052.2020.4.52.17-26>