

Міністерство
освіти і науки
України



Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Механіко-технологічний факультет

Представництво Польської академії наук в Києві
Відділення в Любліні Польської академії наук
Академія інженерних наук України
Українська асоціація аграрних інженерів



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

"Агроінженерія:

сучасні проблеми та перспективи розвитку"

(7–8 листопада 2019 року)

присвячена

90-й річниці з дня заснування

механіко-технологічного факультету НУБіП України



Київ – 2019

УДК 662.7 : 631.1

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕТАНТЕНКА БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Поліщук В. М.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Метантенк біогазової установки функціонує так. Метаноутворювальні бактерії, які перебувають у субстраті, споживають його поживні речовини, виділяючи продукт метаболізму – біогаз (рис. 1).

Поживні речовини субстрату в метантенку можна розділити на три складники: поживні речовини субстрату 1, які завантажують у метантенк, поживні речовини субстрату 2, які вивантажують з метантенка, і поживні речовини субстрату 3, які переробляються метаноутворювальними бактеріями і перетворюються в мікробну біомасу 4 та продукти метаболізму (біогаз) 5. Метаноутворювальні бактерії за достатньої кількості поживних речовин субстрату активно розмножуються (позиція 6), за їх відсутності – гинуть (позиція 7). Біогаз 8 виробляють метаноутворювальні бактерії під час споживання поживних речовин субстрату.

Математичну модель функціонування метантенка біогазової установки формує система диференційних рівнянь, які описують динаміку зміни концентрації поживних речовин субстрату (з врахуванням завантажування, вивантажування і перероблення метаноутворювальних бактерій у мікробну біомасу і біогаз), концентрації біомаси метаноутворювальних бактерій (з врахуванням зростання популяції метаноутворювальних бактерій за рівнянням Моно і її відмирання за рівнянням Колпікова) і динаміку виходу біогазу в часі:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC}{dt} = \left(\frac{\mu_m \cdot S}{k_a + S} - \frac{\mu_d \cdot k_b}{k_b + S} - p \right) \cdot C \\ \frac{dS}{dt} = p \cdot (S_0 - S) - \left(k_\alpha \cdot \mu_m \cdot C + \frac{k_\beta \cdot S \cdot \mu_m}{k_a + S} \cdot C + k \cdot \rho_6 \cdot \rho_c \cdot \frac{dV_6}{dt} \right), \\ \frac{dV_6}{dt} = \frac{K_\gamma \cdot S}{\rho_c} \end{array} \right. \quad (1)$$

де C – концентрація біомаси метаноутворювальних бактерій, $\text{кг}/\text{м}^3$; S – концентрація поживних речовин субстрату, які засвоюють бактерії, $\text{кг}/\text{м}^3$; S_0 – початкова концентрація поживних речовин субстрату, $\text{кг}/\text{м}^3$; dV_6/dt – динаміка виходу біогазу, $\text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{добу})$; p – коефіцієнт розбавлення культури потоком свіжого субстрату, дб^{-1} ; k – коефіцієнт перетворення поживних речовин субстрату в біогаз, $\text{кг}/\text{кг}$; ρ_6, ρ_c – щільність біогазу і субстрату, $\text{кг}/\text{м}^3$; k_α, k_β – безрозмірні коефіцієнти засвоєння субстрату; k_a – константа, яка дорівнює такій концентрації поживних речовин субстрату, за якої швидкість зростання сягає половини граничної, $\text{кг}/\text{м}^3$; k_b – емпіричний коефіцієнт, $\text{кг}/\text{м}^3$; μ_d – максимальна питома швидкість відмирання метаноутворювальних бактерій, доба^{-1} ; μ_m – максимальна питома швидкість зростання метаноутворювальних бактерій, доба^{-1} ; K_γ – коефіцієнт швидкості перетворення поживних речовин субстрату в біогаз, $\text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{добу})$; t – час, дб .

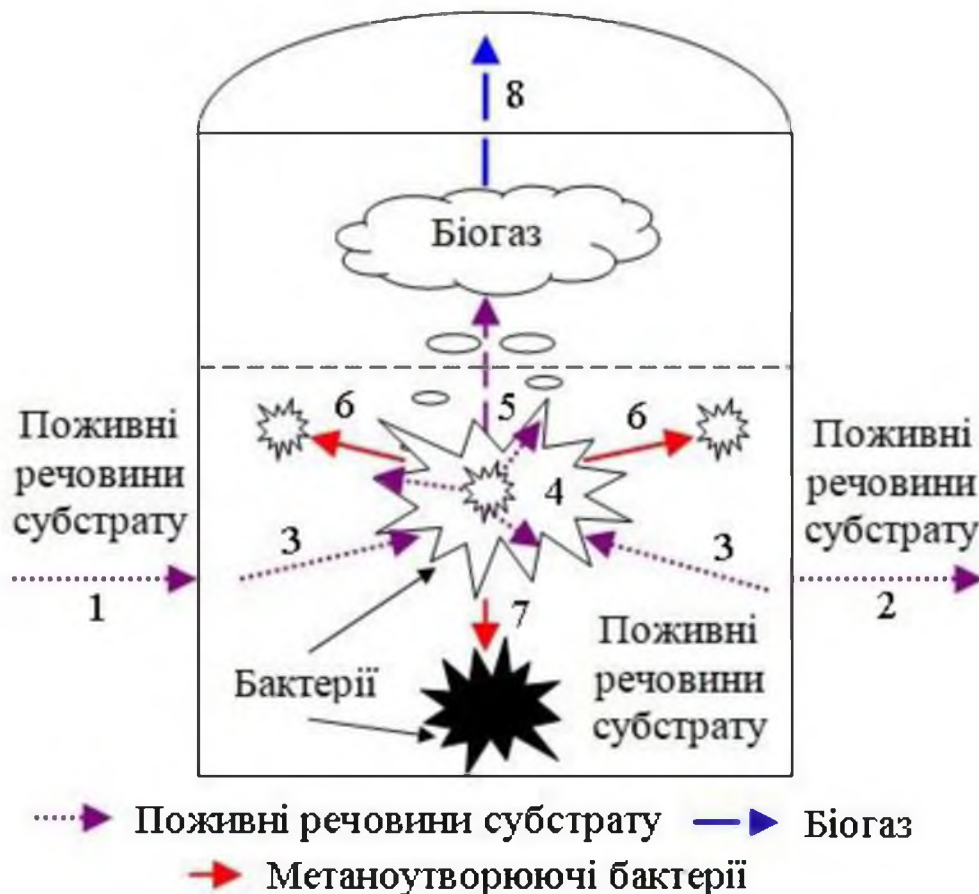


Рис. 1. Схема функціонування метантенка біогазової установки.

Відомо такі параметри системи (1): $k = 0,27$ кг/кг, $\rho_c = 1050$ кг/м³, для періодичного завантажування метантенка $p = 0$ діб⁻¹, поступового – $p = 0,05$ діб⁻¹. Початковими умовами для розв'язання системи (1) є: $C_0 = 1$ кг/м³, $S_0 = 115$ кг/м³, $V_0 = 0$ м³/м³. Параметри μ_m , μ_d , k_a , k_b , k_α , k_β , K_γ залежать від температурного режиму метантенка і типу косубстрату. У пакеті Simulink, який інтегрований до програми MATLAB, було проведено імітаційне моделювання процесу функціонування метантенка, який описує система диференціальних рівнянь (1). У результаті отримано динаміку виходу біогазу у разі періодичного завантажування (рис. 2, а) і поступового завантажування (рис. 2, б) субстрату.

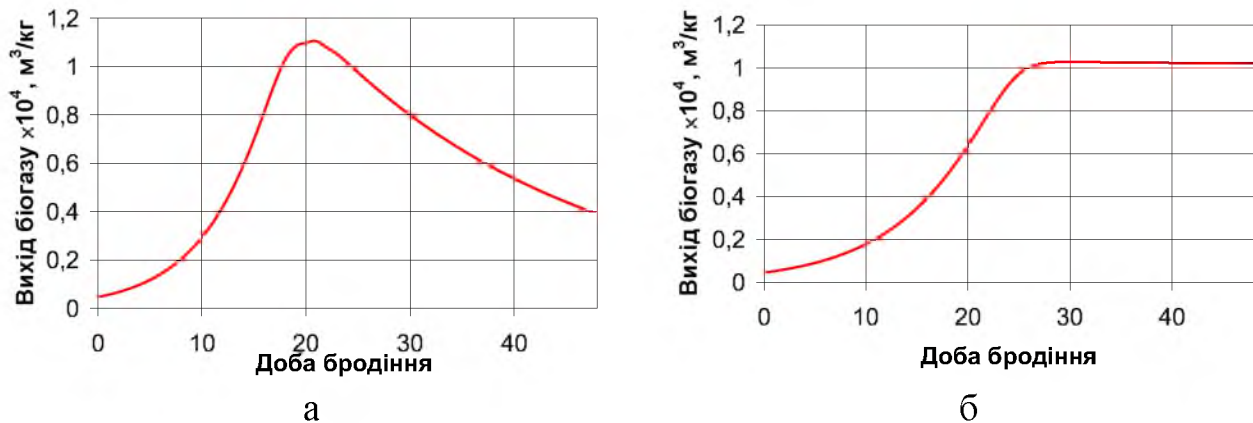


Рис. 2. Динаміка виходу біогазу, отримана в результаті моделювання функціонування метантенка біогазової установки при зброджуванні гною великої рогатої худоби з додаванням фузу: 1 – при періодичному завантаженні субстрату; 2 – при поступовому завантаженні субстрату.

Шляхом підбирання параметрів μ_m , μ_d , k_a , k_b , k_α , k_β , K_γ імітаційної моделі (1) для різних типів косубстратів, їх вмісту в субстраті, температурного режиму метантенка і порівняння результатів імітаційного моделювання динаміки виходу біогазу із результатами експериментальних досліджень добивалися того, щоб імітована модель була найбільш близькою до динаміки виходу біогазу в часі, отриманої експериментальним шляхом. Критерієм подібності вважали наближення коефіцієнта детермінації R^2 до одиниці.

Висновки. Математична модель функціонування метантенка біогазової установки дозволяє прогнозувати основний продукт технологічного процесу: величину виходу біогазу в разі завантаження через системи приготування і дозування субстрату на основі гною великої рогатої худоби з оптимальною кількістю косубстратів.