

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОЧОГО ЦИКЛУ БІОРЕАКТОРІВ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Рамш В. Ю.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
"Бережанський агротехнічний інститут"

Запропоновано методику визначення якісних показників продуктів ферментації біогазових установок, що дозволить оптимізувати робочий цикл біореакторів періодичної дії.

Постановка проблеми. Взаємозв'язок енергетики та економіки вимагає, насамперед, економії енергії на всіх рівнях виробництва і споживання в народному господарстві країни. Одним із шляхів доповнення і часткової заміни традиційних видів енергоносіїв є використання біогазу. Метаногенез органічних відходів дозволяє отримати не лише біогаз, але і використовувати цей процес для обеззаражування речовин, які забруднюють оточуюче середовище, а від ферментовані речовини використовувати як ефективні добрива для поліпшення фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Енергія отриманого біогазу значно перевищує затрати енергії на метаногенез, яка становить в середньому 40-47% залежно від пори року [1]. Для об'єктивної оцінки ефективності виробництва біогазу необхідно враховувати всі додаткові ефекти і переваги, які дає анаеробна переробка відходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кількість біогазу, який утворюється в метантенку, залежить від кількості перероблюваної за добу продукції, її якісного складу і температурного режиму ферментації. Для нормальної життєдіяльності анаеробних бактерій необхідно, щоб мінімальний вміст азоту складав 7 мг на 100 кг органічної речовини, а оптимальне співвідношення азот-вуглець знаходилось у межах 0,06-0,1 [3]. Тому вміст органічної речовини визначає завантаження площі бродіння, а її величина залежить від швидкості розкладу та осідання зважених частинок. Коли вміст сухої речовини буде меншим 1%, то процеси метаноутворення пасивуються, тому підтримання гомогенного середовища в біореакторі є обов'язковою умовою, яка виконується шляхом перемішування субстрату. Проте, деякі важливі параметри роботи біореакторів розроблені недостатньо. Зокрема, мало досліджена структура продуктів ферментації та швидкість їх зміни в процесі метаноутворення.

Мета статті. Розробити методику визначення якісних показників субстрату для забезпечення енергоощадного режиму роботи біогазових установок.

Основні матеріали досліджень. Технологічний процес отримання біогазу потрібно здійснювати так, щоб в результаті перемішування субстрату з новою порцією, яка надходить в біореактор, одержати продукт ферментації з оптимальним вмістом дисперсної фази m_{opt} . Підтримуючи гомогенне середовище в біореакторі під час циклу бродіння, після якого здійснюється відбір верхньої частини

продуктів ферментації та видалення шламу з нижньої частини, субстрат повинен мати допустимий нижній вміст дисперсної фази m_0 . Частота перемішування залежить від швидкості осідання зважених частинок субстрату. Швидкість осадження частинок v в субстраті при об'ємній його концентрації $1-m$, можна визначити за формулою [2]:

$$v = g \left[k(1-m) + \sqrt{k^2(1-m)^2 + m^3} \right], \quad (1)$$

де m - відносний вміст дисперсного середовища субстрату;

g - швидкість вільного осідання частинок, мм/с;

$$k = \frac{3 \cdot \pi \cdot N}{R_e \cdot \eta_r};$$

де N - коефіцієнт фільтрації через шар осаду.

R_e - число Рейнольдса для вільного осідання частинок;

η_r - коефіцієнт опору вільного осідання частинок.

Об'ємна концентрація субстрату $1-m$ залежить від концентрації частинок у вхідній порції субстрату $1-m_0$, яка подається в біореактор, та від його швидкості наповнення. При рівномірній подачі субстрату концентрація частинок в ньому по всьому об'єму біореактора буде приблизно однакова. Тоді частка дисперсної фази в стовпці висотою $h \cdot t$ дорівнюватиме $h \cdot t \cdot (1-m)$ і відрізняється від частки дисперсної фази субстрату, який подається біореактор $h \cdot t \cdot (1-m_0)$ на величину $g \cdot t \cdot (1-m)$. В наведених формулах h - швидкість росту стовпця сировини в біореакторі, мм/с; t - час надходження порції субстрату в біореактор, с. Звідси отримаємо:

$$1-m = (1-m_0) \cdot \frac{h}{h+g}. \quad (2)$$

Підставивши (1) в (2) та провівши відповідні перетворення отримаємо рівняння для визначення m .

$$m^5 g^2 - 2m^4 g^2 + m^3 (g^2 - 2khg) + m^2 h(4kg + 2m_0 g h) + mh(2hm_0 - 2kg - 4km_0 g) + hm_0(2kg - hm_0) = 0 \quad (3)$$

Розв'язавши рівняння (3) визначимо допустимий відносний вміст дисперсного середовища m_δ , при якому навантаження площі бродіння в біореакторі буде не менше нижньої межі оптимальності.

При об'ємній концентрації субстрату $1 - m_\delta$ масова швидкість випадання осаду буде найбільшою:

$$v = (1 - m_\delta)g + (1 - m_\delta)g \frac{1}{1 - \alpha}; \quad (4)$$

де α - пористість осаду.

Після перетворень отримаємо:

$$v = (1 - m_\delta)g \frac{2 - \alpha}{1 - \alpha}. \quad (5)$$

Структура робочого циклу біореактора періодичної дії повинна бути наступною: відбір відстояної верхньої частини субстрату та видалення шламу з нижньої частини, при цьому відносний вміст дисперсного середовища в активній зоні біореактора повинен дорівнювати m_δ ; заповнення біореактора такою ж кількістю свіжої сировини з відносним вмістом дисперсної фази m_δ .

В результаті перемішування отримаємо субстрат з оптимальним вмістом дисперсної фази m_{opt} по всьому об'єму біореактора, забезпечивши оптимальне значення завантаження площі бродіння. Швидкість надходження порції субстрату можна визначити за формулою:

$$h = g \frac{1 - m_{opt}}{m_\delta - m_{opt}}. \quad (6)$$

В літературних джерелах [1,3] подаються лише однозначні дані про оптимальний вміст сухої речовини в продуктах ферментації. Для визначення інших параметрів було проведено дослід з визначення фракційного складу свинячої гноївки. За результатами досліджень визначено еквівалентний діаметр частинок суспензії:

$$\frac{1}{d_e} = \sum \frac{P_i}{d_i}, \quad (7)$$

де d_i - діаметр частинок i -ої фракції суспензії;

P_i - відносний вміст фракції.

В результаті розрахунків отримано: $d_e = 0,568 \pm 0,06$ мм. Гідралічна крупність, тобто швидкість осідання частинок такого діаметру у воді становить $g = 2,83$ мм/с, а число Рейнольдса $R_e = 1$ і $k = 4,2 \div 4,5$ [2]. За формулою (1) визначено швидкість осідання частинок в субстраті при його об'ємній концентрації $1 - m_\delta$, $v = 1,275$ мм/с.

Тоді значення m_δ можна визначити за формулою:

$$m_\delta = 1 - \frac{g(1 - \alpha)}{v(2 - \alpha)}. \quad (8)$$

де g - гідралічна крупність частинок, мм/с;

v - швидкість осадження частинок субстрату, мм/с;

α - пористість осаду продуктів ферментації, $\alpha = 0,2$ і не залежить від вологості.

Підставивши у (8) значення параметрів продуктів ферментації отримаємо $m_\delta = 0,0135$, тобто мінімально допустима кількість сухої речовини в 1 м^3 субстрату повинна бути не менше 1,35 кг.

Час, за який відносний вміст дисперсної фази субстрату змінюватиметься від m_{opt} до m_δ , являє собою час пауз між циклами перемішування субстрату, що дозволить зменшити затрати енергії на виробництво біогазу.

Висновки

1. Підтримуючі якісні параметри продуктів ферментації в межах оптимальності дозволить підвищити продуктивність біореакторів періодичної дії на 8-12%.

2. Застосування програмованої тривалості пауз у процесі перемішування продуктів ферментації забезпечить зменшення затрат енергії на власні потреби біогазових установок.

Список використаних джерел

1. Корчемний М. О. Энергозбереження в агропромисловому комплексі / М. О. Корчемний, В. С. Федорейко, В. П. Щербань – Тернопіль: "Підручники і посібники", 2001. – 984 с.
2. Минц Д. М. Гидравлика зернистых материалов /Д. М. Минц, С. А. Шуберт – М.: Стойиздат, 1985. – 443 с.
3. Семенов И. В. Проектирование биогазовых установок / И. В. Семенов – Суми: П "МакДон", ИПП "Мрия-1" ЛТД, 1996. – 347 с.

Аннотация

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА БИОРЕАКТОРОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Рамш В. Ю.

Предложена методика определения качественных показателей продуктов ферментации биогазовых установок, которая позволит оптимизировать рабочий цикл биореакторов периодического действия

Abstract

WORKING CYCLE OPTIMIZATION OF BIOREACTORS OF PERIODICAL ACTION

V. Ramsh

It is suggested determinative methods of qualitative indicators of fermentation production of biogas installation that allows to optimize working cycle of bioreactors of periodical action.