

УДК 631.371:620.92

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЕРТОВИХ МЕТАНТЕНКІВ

***С.М. Кухарець, кандидат технічних наук Житомирський
національний агроекологічний університет В.Г.
Спиридонов, доктор сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

Проведено перевірку основних положень та висновків аналітичних досліджень щодо обґрунтування енергетичних витрат на привід обертових реакторів для отримання біогазу в залежності від коефіцієнтів їх заповнення та занурення.

Біомаса, метантенк, біогаз, перемішування, ефективність.

Постановка проблеми. Підвищення енергетичної ефективності біогазових установок є одним із головних напрямків покращення технологічного процесу виробництва біогазу, а тому обґрунтування методів визначення питомої потужності та енергетичних параметрів експлуатації біогазових установок потребує постійного удосконалення. Експлуатація біогазових установок показала, що сприяння контакту анаеробних бактерій із біомасою субстрату забезпечується за рахунок перемішування субстрату, однак при цьому інтенсивного перемішування слід уникати, оскільки це може призвести до погіршення анаеробного зброджування за рахунок порушення симбіозу ацетогенних та метаногенних бактерій. На практиці компроміс досягається за рахунок повільного обертання мішалок або їх роботи

© С.М. Кухарець, В.Г. Спиридонов, 2015

упродовж короткого часу [1]. У той же час, досвід експлуатації реакторів біогазових установок показав, що практично неможливо усунути розшарування біомаси в реакторі на мінеральний осад та органічну плаваючу біомасу, що вказує на недоліки в роботі систем перемішування біомаси [2, 3].

Аналіз останніх досліджень. В результаті проведених наукових досліджень нами запатентовано ряд технічних рішень, які дозволяють у значній мірі усунути розшарування біомаси за рахунок забезпечення перемішування шарів біомаси із використанням занурених обертових біогазових реакторів. Визначено також рівень занурення обертового метантенка в рідину, а також коефіцієнт його заповнення в залежності від його геометричних параметрів та густини рідини, в яку занурений обертовий метантенк при забезпеченні його знаходження у завислому стані [4].

Потужність, що витрачається на подолання моменту опору в підшипниках залежить від рівня органічної біомаси в метантенку, його ваги, а також характеристик біогазу та біомаси [5, 6]. Потужність, що витрачається на перемішування біомаси залежить від характеристик біомаси (густини, вмісту сухої речовини, розміру частинок сухої речовини) та конструкційно-кінематичних характеристик метантенка (кутова швидкість, внутрішній радіус, довжина, геометричні розміри та розміщення лопаток, мішалок й перегородок всередині метантенка) [7, 8].

Мета досліджень. Перевірка основних положень та висновків аналітичних досліджень щодо обґрунтування енергетичних витрат на привід обертових реакторів для отримання біогазу в залежності від коефіцієнтів заповнення та занурення.

Результати досліджень. Експериментальне визначення впливу технологічних та конструкційних параметрів метантенка та параметрів субстрату на зміну споживання потужності при перемішуванні було проведено із використанням модельного біореактора (внутрішній радіус $R=0,2$ м, робоча довжина $L=0,6$ м), що був виготовлений в НУБіП України (рис. 1).

При проведенні досліджень метантенк встановлювався в зовнішній корпус (рис. 2), заповнювався субстратом у відповідності із встановленим діапазоном значень коефіцієнту заповнення k_3 від 0,8 до 1. Зовнішній корпус заповнювався водою на рівень, що відповідав встановленому діапазону коефіцієнту занурення k_{zn} від 0,8 до 1. Частота обертання приводного двигуна регулювалась за допомогою частотного перетворювача Hitachi 3G3JX A4075 EF, що дозволило отримати діапазон кутових швидкостей метантенка від 0,05 до 0,5 рад/с. Потужність споживана приводним двигуном визначалась за допомогою цифрового вимірювача DMK 30 та фіксувалась за до-

помогою спеціального програмного забезпечення на реєструючому пристрої (ноутбук на базі процесора Intel Core i5).

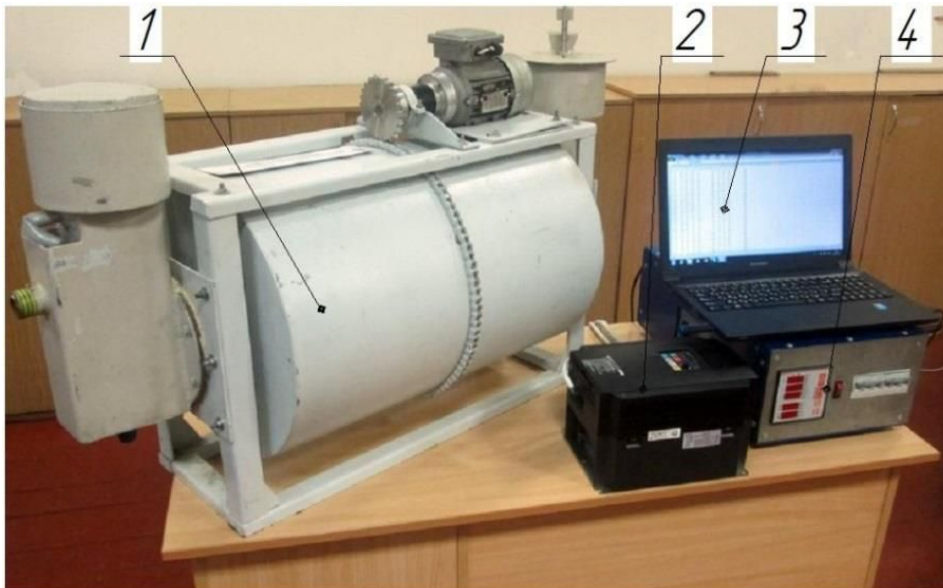


Рис. 1. Комплект обладнання для проведення для дослідження енергетичної ефективності перемішування субстрату (зовнішній корпус не показано): 1 – обертовий метантенк, 2 – частотний перетворювач, 3 – реєстратор, 4 – цифровий вимірювальний пристрій.



Рис. 2. Обертовий метантенк встановлено у зовнішній корпус.

Проведені дослідження впливу коефіцієнта заповнення k_3 на потужність $N_{\text{дв}}$, що споживається приводним двигуном дозволили, за допомогою регресивного аналізу результатів, отримати коефіцієнти відповідної емпіричної залежності (з рівнем довірчої імовірності (коефіцієнтом детермінації) – $R^2=0,9664$):

$$N_{\text{дв}} = 2179,2k_3^3 - 5538,5k_3^2 + 4649,5k_3 - 1278,1, \quad (1)$$

де: $N_{\partial e}$ – середня потужність двигуна на обертання метантенка, встановлена в результаті практичних досліджень, Вт; k_3 – коефіцієнт заповнення метантенка субстратом (біомасою).

Визначенні коефіцієнти регресії рівняння (1) дозволяють отримати графічну залежність (рис. 3).

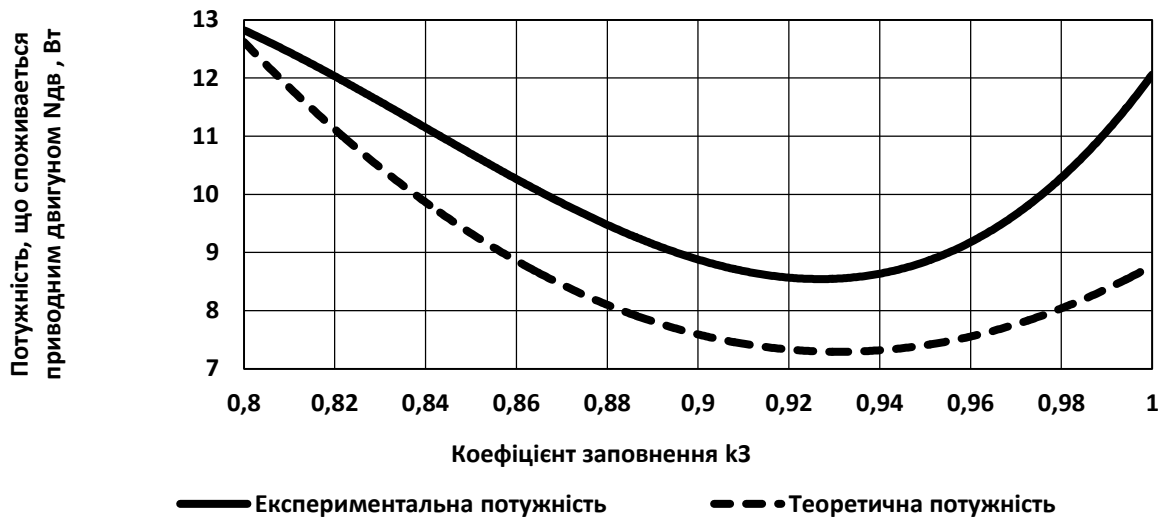


Рис. 3. Дослідна та теоретична залежності потужності електро-двигуна $N_{\partial e}$, для забезпечення обертання біореактора від коефіцієнту заповнення k_3 (внутрішній радіус $R=0,2$ м, робоча довжина $L=0,6$ м, кутова швидкість $\omega=0,11$ рад/с) при коефіцієнті занурення $k_{3H}=1$.

Аналіз графіка (рис. 3) на екстремуми дозволяє зробити висновок, що мінімальні енерговитрати $N_{\partial e}=8,4$ Вт забезпечуються із коефіцієнтом заповнення метантенку біомасою $k_3=0,93$, який відповідає проведеним модельним експериментам та теоретичним дослідженням. Розбіжність між графіками потужності, які отримані теоретичним та експериментальним шляхом, можна пояснити тим, що ККД підшипників насправді нижчий ніж це заявлено в їх характеристиці заводом виробником. Крім того деякий вплив має неоднорідність біомаси, що виливається в додаткові пульсації споживаної потужності при обертанні метантенка та збільшує середнє значення потужності на обертання метантенка.

Також, проведено дослідження впливу коефіцієнтів заповнення k_3 та занурення k_{3H} на питому потужність N_{Π} перемішування біомаси в реакторі, що дозволили, за допомогою регресивного аналізу результатів, отримати коефіцієнти відповідної емпіричної залежності:

$$n_{\Pi} = 806,5312 - 1588,2848k_3 + 313,9577k_{3H} + 971,9074k_3^2 - 579,0525k_3 k_{3H} + 114,5044k_{3H}^2, \quad (2)$$

де: n_{Γ} – питома потужність перемішування біомаси в метантенку, Вт/м³; k_3 – коефіцієнт заповнення метантенка субстратом (біомасою); k_{3H} – коефіцієнт занурення метантенка.

Визначенні коефіцієнти регресії рівняння (2) дозволяють отримати графічну залежність (рис. 4).

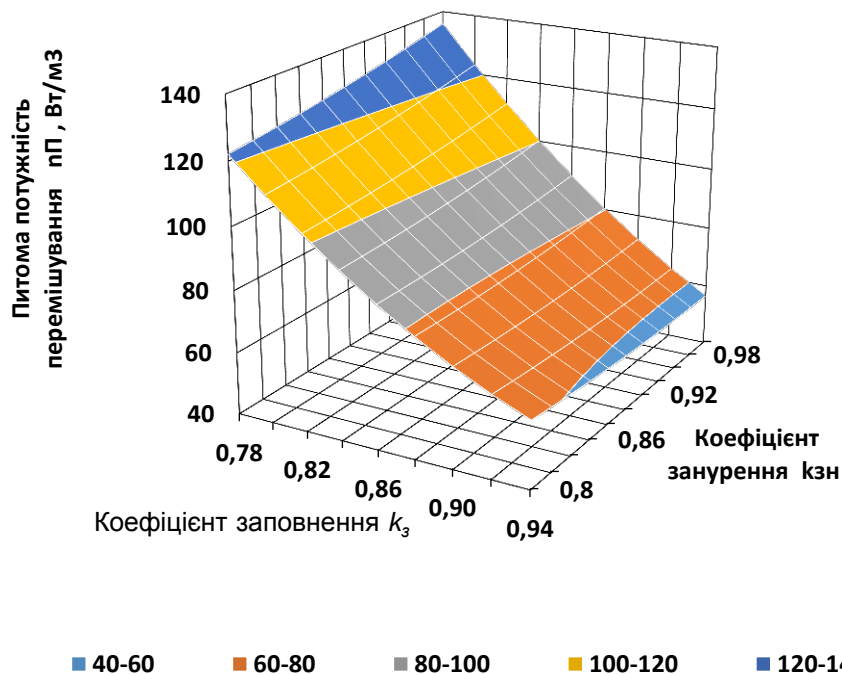


Рис. 4. Залежність питомої потужності n_{Γ} перемішування біомаси в реакторі від коефіцієнтів заповнення k_3 та занурення k_{3H} (внутрішній радіус $R=0,2$ м, робоча довжина $L=0,6$ м, кутова швидкість $\omega=0,11$ рад/с).

Аналіз графіка (рис. 4) дозволяє зробити висновок про те, що при значеннях коефіцієнта заповнення $k_3=k_{3opt}=0,93$ забезпечуються мінімальні питомі енерговитрати на перемішування субстрату (обертання метантенку). При цьому, спостерігається повне занурення метантенку у рідину, тобто коефіцієнт занурення $k_{3H}=1$.

Висновок. У результаті проведеного дослідження можна стверджувати, що заповнений на величину від 92 до 94 % обертовий реактор для отримання біогазу потребує мінімальної потужності для приводу при його зануренні у рідину на величину від 97 до 100 %. При цьому, питома потужність n_{Γ} приводного механізму в розрахунку на об'єм біомаси в реакторі лежатиме в межах 99,85...101,23 Вт/м³

Список літератури

1. *Руководство по биогазу. От получения до использования / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). 5-е издание.* – Гюльцов: Германия, 2012. – 213 с.

2. Голуб Г.А. Технічне забезпечення виробництва біогазу / Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна, Б.О. Рубан, В.О. Войтенко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2012. – Вип. 10. – С. 17–19.
3. Голуб Г. Сучасні тенденції розвитку біогазових установок / Г. Голуб, В. Войтенко, Б. Рубан, В. Єрмоленко // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 2 (29). – С. 18–21.
4. Голуб Г.А. Обґрунтування рівня занурення та коефіцієнта заповнення біомасою обертового метантенка / Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 170, ч. 2. – С. 55–61.
5. Кухарець С.М. Обґрунтування енергетичних витрат на привід обертового реактора біогазової установки / С.М. Кухарець, Г.А. Голуб // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України / ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2014. – Вип. 18 (32), кн. 2. – С. 356–365.
6. Голуб Г. Особливості конструкції модульної біогазової установки з обертовим реактором / Г. Голуб, С. Кухарець, Б. Рубан // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 9 (60). – С. 10–14.
7. *Технологія* переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами / [Г.А. Голуб, О.В. Сидорчук, С.М. Кухарець та ін.; за ред. Г.А. Голуба]. – К.: НУБіП України, 2014. – 106 с.
8. Кухарець С.М. Сировинна база та ефективність виробництва біогазу / С.М. Кухарець, Г.А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 212, ч. 1. – С. 11–21.

Проведена перевірка основних положень і висновків аналітичних досліджень по обґрунтуванню енергетичних затрат на привід вращающихся реакторов для получения биогаза в зависимости от коэффициентов их заполнения и погружения..

Биомасса, метантенк, биогаз, перемешивание, эффективность.

An inspection of the main provisions of conclusions and analytical research on the study of energy expenditure to drive the rotating reactor to produce biogas, depending on the filling factor and dive.

Biomass, methane tanks, biogas, mixing, efficiency.