

surface of field. The degree of influencing of structural parameters is set, resilient and damper elements of pendant of field informative machine on stabilization of system of technical sight in accordance to requirements.

Exact agriculture, oscillation of machine, system of technical sight, inflexibility of pendant.

УДК 620:95

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ ПЕРЕМІШУВАННЯ БІОМАСИ В ОБЕРТОВОМУ РЕАКТОРІ

***Г.А. Голуб, доктор технічних наук
О.В. Дубровіна, В.В. Чуба, М.Ю. Павленко, інженери***

Приведено експериментальні залежності для визначення питомої енергоємності перемішування біомаси в обертовому реакторі.

Реактор, біомаса, біогаз, перемішування, потужність.

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.

Аналіз останніх досліджень. 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 припинення анаеробного зброджування за рахунок порушення симбіозу ацетогенних та метаногенних бактерій. На практиці компроміс досягається за рахунок повільного обертання мішалок або їх роботи 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].

Нами розроблено ряд запатентованих технічних рішень, які дозволяють у значній мірі усунути розшарування біомаси за рахунок

© Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна, В.В. Чуба, М.Ю. Павленко, 2013

забезпечення перемішування шарів біомаси із використанням занурених обертових біогазових реакторів. Визначено також рівень занурення обертового метантенка в рідину (відстань від його центра обертання до рівня рідини, в яку він занурений), а також коефіцієнт його заповнення (відстань від центра обертового метантенка до рівня біомаси в ньому) від геометричних параметрів обертового метантенка та густини рідини, в яку занурений обертовий метантенок при забезпеченні його знаходження у завислому стані [4]. Однак питання визначення енергомісткості обертання реактора у завислому стані, зануреним у воду, потребує проведення відповідних досліджень.

Мета досліджень – експериментально визначити питому потужність перемішування біомаси в обертовому реакторі.

Результати досліджень. Розрахункова схема обертового реактора приведена на рис. 1. Для того щоб забезпечити обертання реактора необхідно прикласти крутний момент, величина якого становить:

$$M_{KP} = M_{OP} + M_{BTZ} + M_{BTV} + M_{PB} - M_{OB} + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (1)$$

де M_{KP} – крутний момент для забезпечення обертання реактора, Н м; M_{OP} – момент опору підшипникових вузлів, Н м; M_{BTZ} – момент в'язкого тертя зовнішньої поверхні реактора об рідину, в яку занурений реактор, Н м; M_{BTV} – момент в'язкого тертя внутрішньої поверхні реактора об рідину біомасу, яка знаходиться в реакторі, Н м; M_{PB} – момент, необхідний для забезпечення підйому біомаси в реакторі під час його обертання, Н м; M_{OB} – момент, що створюється за рахунок потоків опускання біомаси в реакторі під час його обертання, Н м; J – момент інерції метантенка відносно осі його обертання, кг м^2 ; $\frac{d\omega}{dt}$ – кутове прискорення обертання реактора, рад/с^2 .

Помноживши кожен член рівняння (1) на кутову швидкість обертання реактора отримаємо:

$$P_{KP} = P_{OP} + P_{BTZ} + P_{BTV} + P_{PB} - P_{OB} + J\omega \frac{d\omega}{dt}, \quad (2)$$

де ω – кутова швидкість обертання реактора, рад./с ; P_{KP} – потужність для забезпечення обертання реактора, Вт; P_{OP} – потужність опору підшипникових вузлів, Вт; P_{BTZ} – потужність в'язкого тертя зовнішньої поверхні реактора об рідину, в яку занурений реактор, Вт; P_{BTV} – потужність в'язкого тертя внутрішньої поверхні реактора об рідину біомасу, яка знаходиться в реакторі, Вт; P_{PB} – потужність для забезпечення підйому біомаси в реакторі під час його обертання, Вт;

$P_{об}$ – потужність, потоків опускання біомаси в реакторі під час його обертання, Вт.

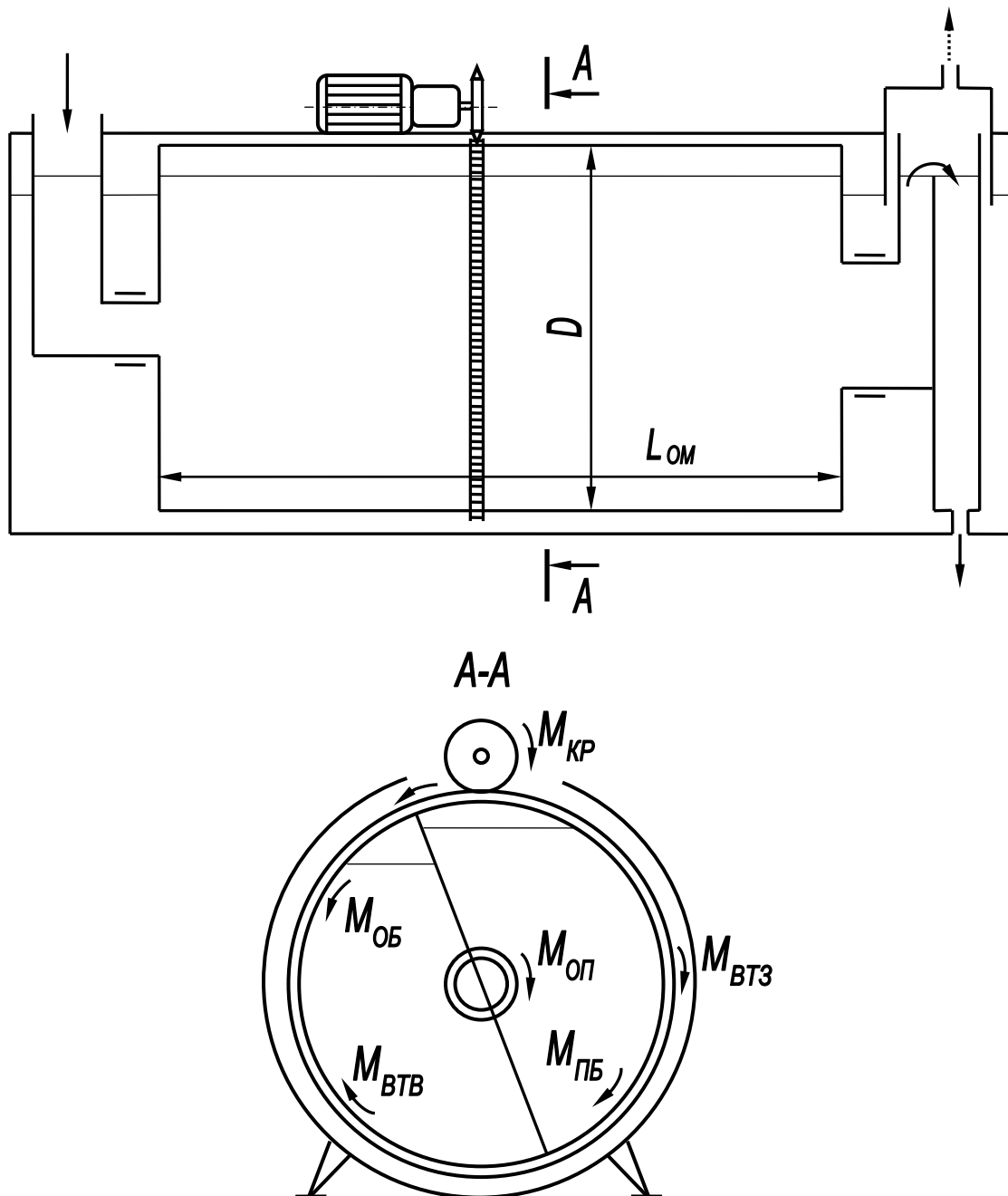


Рис. 1. Розрахункова схема обертового реактора (пояснення в тексті).

Потужність, яка споживається привідним електродвигуном із електричної мережі, таким чином становитиме:

$$P = \left(P_{оп} + P_{втз} + P_{вта} + P_{пб} - P_{об} + J\omega \frac{d\omega}{dt} \right) (\eta_{ед} \eta_{п} \cos \varphi)^{-1}, \quad (4)$$

де P – потужність, яка споживається привідним електродвигуном із електричної мережі, Вт; $\eta_{ел}$ – коефіцієнт корисної дії

електродвигуна, відн. од.; $\eta_{\text{п}}$ – коефіцієнт корисної дії приводу, відн. од.; $\cos \varphi$ – частка активної потужності у повній потужності електродвигуна, відн. од.

Аналізуючи даний вираз, який по суті є енергетичним балансом приводу обертового реактора, можна сказати, що постійне значення споживаної потужності буде лише при повному заповненні внутрішнього об'єму метантенка. Зважаючи на специфіку роботи реактора, коли частина його об'єму завжди буде заповнена біогазом, можна зробити висновок про те, що внутрішні перетоки рідини в реакторі призведуть до циклічних поштовхів, які будуть порушувати статичну рівновагу обертового реактора і призводити до циклічної зміни навантаження.

Фактична зміна споживаної електричної потужності, що витрачається на привід заповненого на 96 % експериментального обертового реактора з внутрішнім об'ємом 75,55 л (діаметр 0,4 м) та його зануренні у рідину на 75 % приведена на рис. 2.

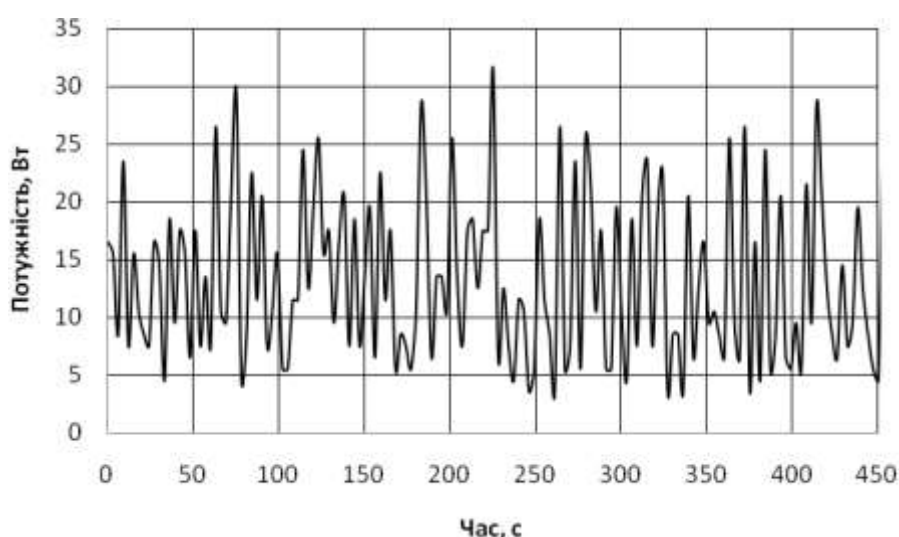


Рис. 2. Зміна споживаної електричної потужності під час роботи обертового реактора.

У подальшому при проведенні досліджень використовувалося середнє значення споживаної потужності на привід обертового реактора.

Нами було експериментально визначено середнє значення потужності, необхідної для приводу обертового реактора в залежності від його коефіцієнта заповнення (рис. 3).

Аналіз показує, що при збільшенні коефіцієнта заповнення обертового реактора середнє значення споживаної потужності збільшується, що обумовлено збільшенням витрат на опір у підшипникових вузлах, в'язке тертя внутрішньої поверхні реактора об рідку біомасу, яка знаходиться в реакторі, а також на

забезпечення підйому біомаси в реакторі під час його обертання. При подальшому збільшенні коефіцієнта заповнення обертового реактора середнє значення споживаної потужності дещо зменшується за рахунок зменшення перетоків біомаси і витрат на в'язке тертя внутрішньої поверхні реактора об рідку біомасу, яка знаходиться в реакторі.

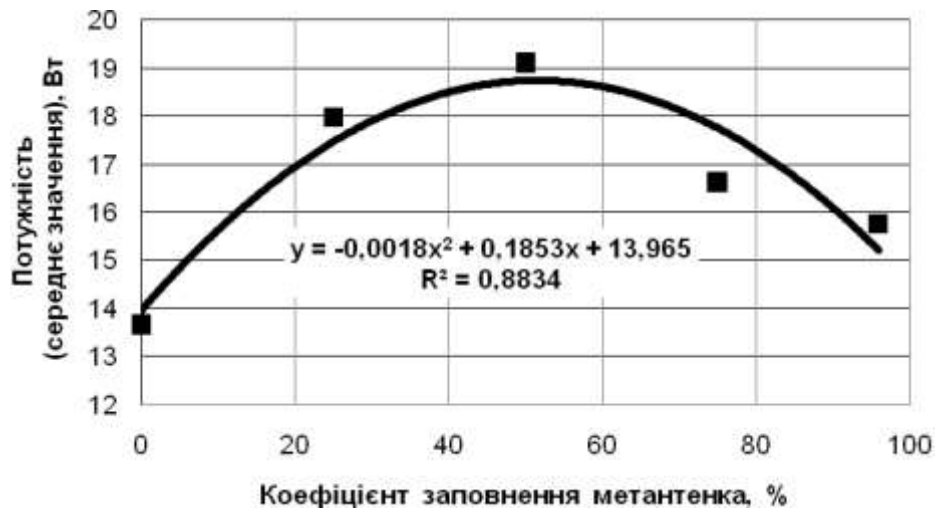


Рис. 3. Вплив коефіцієнта заповнення обертового реактора на потужність приводного механізму

Середнє значення споживаної потужності необхідної для приводу обертового реактора в залежності від його коефіцієнта занурення приведена на рис. 4.

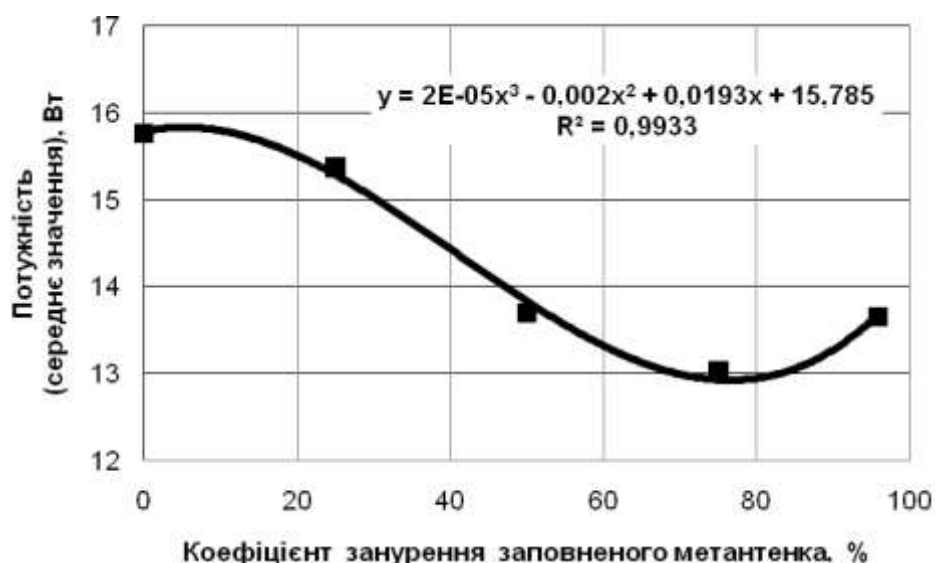


Рис. 4. Вплив коефіцієнта занурення заповненого обертового метантенка на потужність приводного механізму.

Аналіз показує, що при збільшенні коефіцієнта занурення обертового реактора в рідину, середнє значення споживаної потужності зменшується до досягнення мінімального значення, що обумовлено зменшенням витрат на опір у підшипникових вузлах. При подальшому збільшенні коефіцієнта занурення обертового реактора середнє значення споживаної потужності дещо збільшується за рахунок збільшення в'язкого тертя зовнішньої поверхні реактора об рідину, в яку занурений реактор.

Висновок. У результаті проведеного аналізу можна стверджувати, що заповнений на 96 % обертовий реактор з внутрішнім об'ємом 75,55 л (діаметр 0,4 м) потребує мінімальної потужності для приводу близько 13 Вт при його зануренні у рідину на величину від 75 до 77 %. При цьому питома потужність приводного механізму в розрахунку на об'єм біомаси в реакторі становитиме 0,179 кВт/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. – К., 2012. – Вип. 170, ч. 2. – С. 55–61.

Приведены экспериментальные зависимости для определения удельной энергоемкости перемешивания биомассы во вращающемся реакторе.

Реактор, биомасса, биогаз, перемешивание, мощность.

Experimental dependences to determine specific energy of mixing biomass in rotating reactor is adduced.

Reactor, biomass, biogas, mixing, power.