

**Винтовой кормосмеситель, динамические нагрузки, коэффициент диссипации, момент сопротивления.**

*The multimass mathematical model of dynamics of movement of feeder of the screw type is considered and results of researches of dynamics of start-up taking into account dissipation factor are resulted.*

**Screw conveyor, dynamic load, multimass model, dissipation factor, moment of resistance.**

УДК 620:95

## **ОБҐРУНТУВАННЯ РІВНЯ ЗАНУРЕННЯ ТА КОЕФІЦІЄНТА ЗАПОВНЕННЯ БІОМАСОЮ ОБЕРТОВОГО МЕТАНТЕНКА**

**Г.А. Голуб, доктор технічних наук  
О.В. Дубровіна, аспірант\***

*Обґрунтовано залежності для визначення рівня занурення обертового метантенка в рідину, а також коефіцієнта заповнення від його геометричних параметрів при забезпеченні знаходження обертового метантенка у завислому стані.*

**Метантенк, біомаса, рівень занурення, геометричні параметри.**

**Постановка проблеми.** Технологічні процеси виробництва біогазу постійно удосконалюються в напрямку підвищення енергетичної ефективності біогазових установок. Одним із напрямків удосконалення є використання занурених обертових метантенків.

**Аналіз останніх досліджень.** Найбільш повно досвід використання біогазових установок проаналізовано Агентством по відновлюваним ресурсам Німеччини [1]. Автори аналізу вказують, що при відсутності перемішування біомаси в реакторі, через деякий час спостерігається розділення біомаси з утворенням шарів за рахунок різниці в щільності окремих мінеральних та органічних компонентів, а також за рахунок флотації частинок при газовиділенні. При цьому більша частина біомаси анаеробних бактерій знаходиться в нижній частині реактора, а органічна частина біомаси субстрату накопичується у верхній частині реактора. Наслідком цього є те, що зона контакту анаеробних бактерій із

\*Науковий керівник – доктор технічних наук Г.А. Голуб

© Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна, 2012

біомасою субстрату обмежена пограничним шаром вказаних частин реактора. Плаваюча кірка із твердих органічних речовин також блокує вихід біогазу. 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.

При використанні проточних реакторів існує можливість того, що незначна частина поданої в реактор свіжої біомаси зразу ж буде вивантажена із реактора. Найкраще це питання вирішується за рахунок подачі в реактор невеликих порцій субстрату декілька разів на день, а також використання декількох реакторів, що працюють, як паралельно так і послідовно.

Частина твердих мінеральних включень, які містяться в субстратах на основі гною, звільняється в процесі біологічного розкладу в реакторі. Мінеральний осад призводить до зменшення корисного об'єму реактора. Досвід експлуатації реакторів біогазових установок показав, що уже зустрічаються реактори наполовину заповнені мінеральним осадом, який можливо видалити лише екскаватором після повної зупинки процесу зброджування.

Плаваючі шари, особливо на основі волокнистих субстратів, часто утворюють кірку і якщо її не розмішати, то реактор також необхідно зупинити для її видалення. Вказані недоліки біогазових установок відмічалися також в наших роботах [2, 3].

Таким чином, удосконалення роботи біогазових реакторів в напрямку забезпечення перемішування шарів біомаси субстрату потребує розробки нових технічних рішень, одним із яких є перемішування за рахунок обертання реактора у завислому стані зануреним у воду.

**Мета досліджень** – обґрунтувати залежності для визначення геометричних параметрів обертового метантенка при забезпеченні знаходження обертового метантенка у завислому стані.

**Результати досліджень.** Розрахункова схема обертового метантенка приведена на рис. 1. Для того щоб забезпечити знаходження метантенка у завислому стані необхідно, згідно закону Архімеда, використання наступної умови:

$$\rho_P V_3 = \rho_P V_{OM} \varepsilon = m_M + m_{BM} + m_{BG}, \quad (1)$$

де  $\rho_P$  – густина рідини в яку занурений обертовий метантенк, кг/м<sup>3</sup>;  
 $V_3$  – об'єм зануреного в рідину обертового метантенка, м<sup>3</sup>;

$V_{OM}$  – повний об’єм обертового метантенка, м<sup>3</sup>;  $\varepsilon = \frac{V_3}{V_{OM}}$  – рівень

занурення обертового метантенка в рідину, відносних од.;  $m_M$  – маса метала обертового метантенка, кг;  $m_{BM}$  – маса органічної сировини в обертовому метантенку, кг;  $m_{BG}$  – маса біогазу в обертовому метантенку, кг.

Розділивши складові рівняння (1) на  $\rho_P V_0$  отримаємо значення величини занурення обертового метантенка в рідину:

$$\varepsilon = \frac{m_M}{\rho_P V_{OM}} + \frac{V_{OM} \gamma \rho_{BM}}{\rho_P V_{OM}} + \frac{V_{OM} (1-\gamma) \rho_{BG}}{\rho_P V_{OM}} = \frac{m_M}{\rho_P V_{OM}} + \gamma \frac{\rho_{BM}}{\rho_P} + (1-\gamma) \frac{\rho_{BG}}{\rho_P}, \quad (2)$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт заповнення обертового метантенка органічною біомасою, відносних од.;  $\rho_{BM}$  – густина органічної сировини в обертовому метантенку, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{BG}$  – густина біогазу в обертовому метантенку, кг/м<sup>3</sup>.

Враховуючи, що густина рідини в яку занурений обертовий метантенк приблизно дорівнює густині органічної сировини в обертовому метантенку, а також те, що густина біогазу в обертовому метантенку приблизно на три порядки менша густини рідини в яку занурений обертовий метантенк, можна записати:

$$\varepsilon = \frac{\rho_M V_M}{\rho_P V_{OM}} + \gamma, \quad (3)$$

де  $\rho_M$  – щільність метала, кг/м<sup>3</sup>;  $V_M$  – об’єм метала використаного для виготовлення обертового метантенка, м<sup>3</sup>.

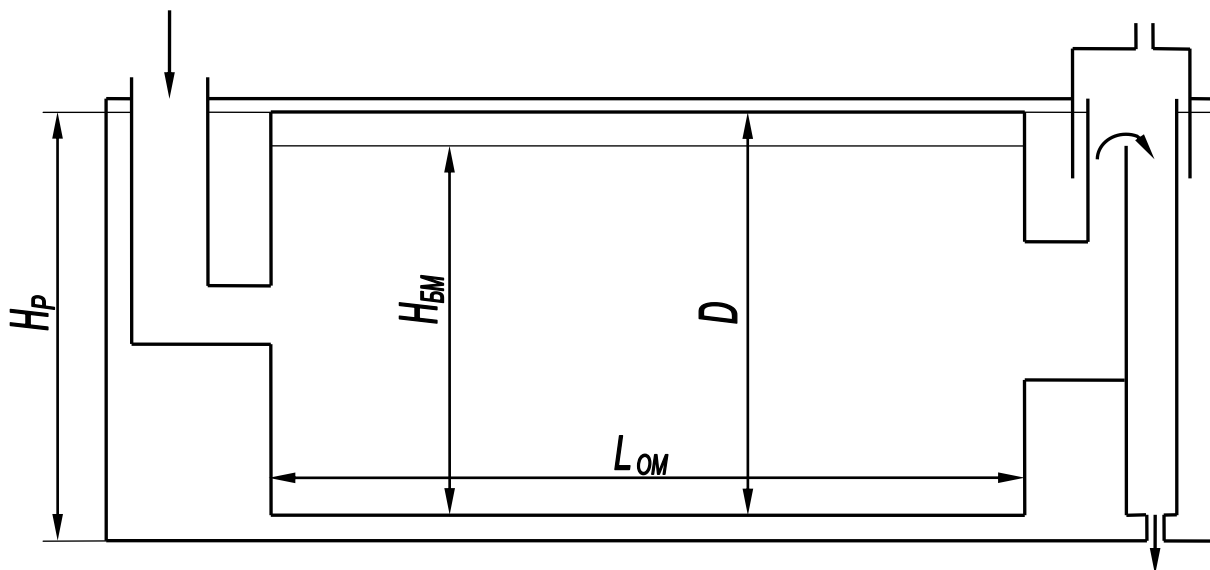


Рис. 1. Розрахункова схема обертового метантенка (пояснення в тексті).

Таким чином, рівень занурення обертового метантенка в рідину визначається рівнем заповнення обертового метантенка органічною біомасою та співвідношенням мас метала із якого виготовлений обертовий метантенк і рідини, яка виштовхується при його зануренні. Співвідношення мас метала із якого виготовлений обертовий метантенк і рідини, яка виштовхується при його зануренні, враховуючи, що він має циліндричну форму, можна визначити наступним чином:

$$\frac{\rho_M V_M}{\rho_P V_{OM}} = \frac{\rho_M (2S_T + S_B) \delta}{\rho_P \frac{\pi D^2}{4} L_{OM}} = \frac{\rho_M \left( 2 \frac{\pi D^2}{4} + \pi D L_{OM} \right) \delta}{\rho_P \frac{\pi D^2}{4} L_{OM}} = \frac{4 \rho_M \delta \left( \frac{D}{2} + L_{OM} \right)}{\rho_P D L_{OM}} = \quad (4)$$

$$= \frac{\rho_M \delta (2D + 4L_{OM})}{\rho_P D L_{OM}} = \frac{\rho_M \delta}{\rho_P D} \left( 2 \frac{D}{L_{OM}} + 4 \right),$$

де  $S_T$  – площа торцевої поверхні циліндричного обертового метантенка,  $m^2$ ;  $S_B$  – площа бокової поверхні циліндричного обертового метантенка,  $m^2$ ;  $\delta$  – товщина метала із якого виготовлено циліндричний обертовий метантенк, м;  $D$  – діаметр циліндричного обертового метантенка, м;  $L_{OM}$  – довжина циліндричного обертового метантенка, м.

Таким чином, залежність для визначення величини занурення обертового метантенка в рідину буде мати наступний вигляд:

$$\varepsilon = \frac{\rho_M \delta}{\rho_P D} \left( 2 \frac{D}{L_{OM}} + 4 \right) + \gamma. \quad (5)$$

Залежність рівня занурення обертового метантенка в рідину від довжини метантенка при його діаметрі 2,5 м, товщині металу 5 мм та коефіцієнті заповнення обертового метантенка органічною біомасою 0,8 відносних од., приведена на рис. 2.

Як видно із графіка, рівень занурення обертового метантенка в рідину менший одиниці, а тому необхідно встановити висоту рівня рідини в яку занурений обертовий метантенк. Розпишемо вираз для визначення рівня занурення обертового метантенка в рідину:

$$\varepsilon = \frac{V_3}{V_{OM}} = \frac{S_3 L_{OM}}{S_T L_{OM}} = \frac{S_3}{S_T} = \frac{4S_3}{\pi D^2}, \quad (6)$$

де  $S_3$  – занурена площа торцевої поверхні циліндричного обертового метантенка,  $m^2$ .

Тоді рівень занурення обертового метантенка в рідину буде мати вигляд:

$$\varepsilon = 1 - \frac{1}{\pi} \arccos \frac{2h}{D} + \frac{4h}{\pi D^2} \sqrt{\frac{D^2}{4} - h^2}. \quad (8)$$

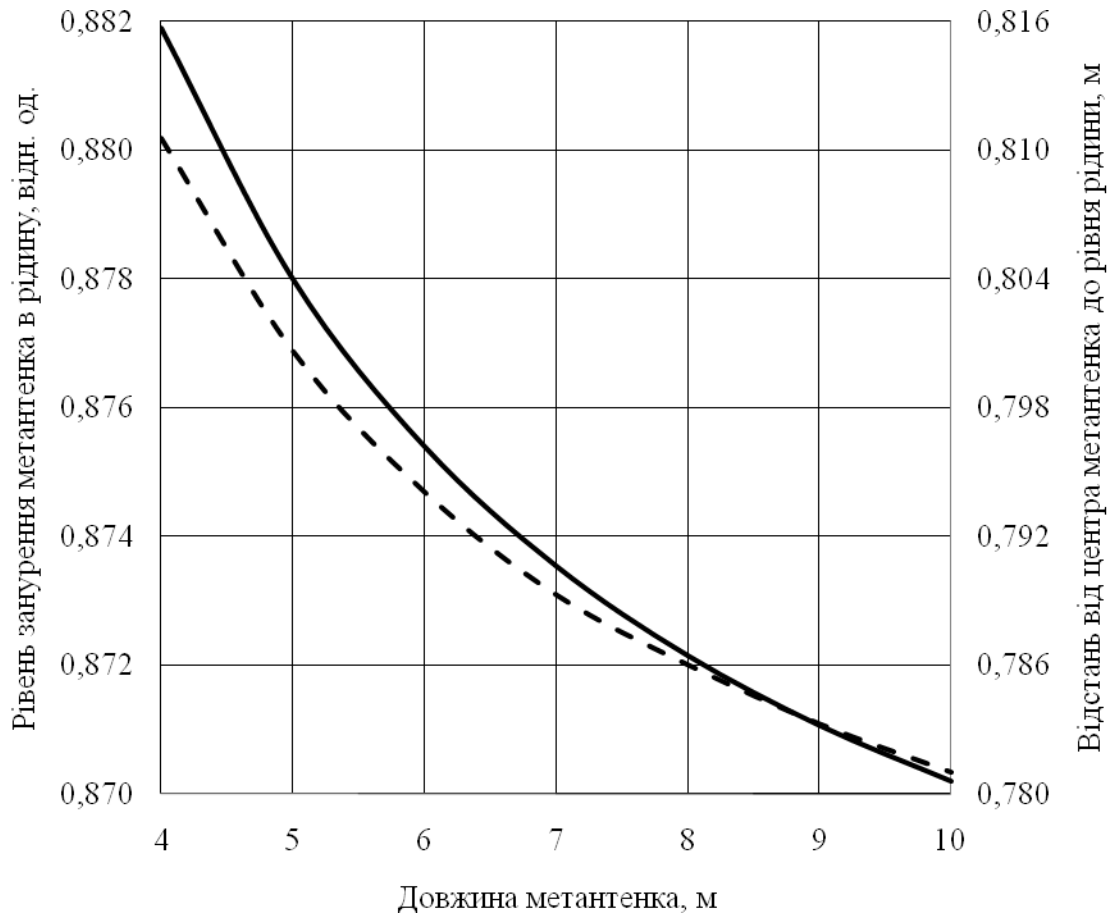


Рис. 2. Залежність рівня занурення в рідину (основна лінія по основній шкалі) та відстані від центра обертового метантенка до рівня рідини в яку він занурений (штрих пунктирна лінія по допоміжній шкалі) від довжини метантенка.

Розрахунок відстані від центра циліндричного обертового метантенка до рівня рідини в яку він занурений проводиться таким чином, щоб величина рівня занурення обертового метантенка в рідину, визначена за виразом (5), дорівнювала величині рівня занурення визначеній за виразом (8).

У іншому випадку, коли обертовий метантенк повністю занурений в рідину ( $\varepsilon = 1$ ), коефіцієнт заповнення обертового метантенка органічною біомасою визначається із виразу (5) наступним чином:

$$\gamma = 1 - \frac{\rho_M \delta}{\rho_P D} \left( 2 \frac{D}{L_{OM}} + 4 \right). \quad (9)$$

У цьому разі коефіцієнт заповнення обертового метантенка органічною біомасою визначається його геометричними розмірами.

Розрахунок відстані від центра обертового метантенка до рівня органічної біомаси в ньому проводиться таким чином, щоб величина

коефіцієнта заповнення обертового метантенка органічною біомасою, визначена за виразом (9), дорівнювала коефіцієнту заповнення обертового метантенка органічною біомасою визначеному за виразом (8) при підстановці  $\varepsilon = \gamma$ .

Залежність коефіцієнта заповнення обертового метантенка органічною біомасою від довжини метантенка при його діаметрі 2,5 м, товщині металу 5 мм та величині рівня занурення обертового метантенка в рідину, що дорівнює 1, приведена на рис. 3.

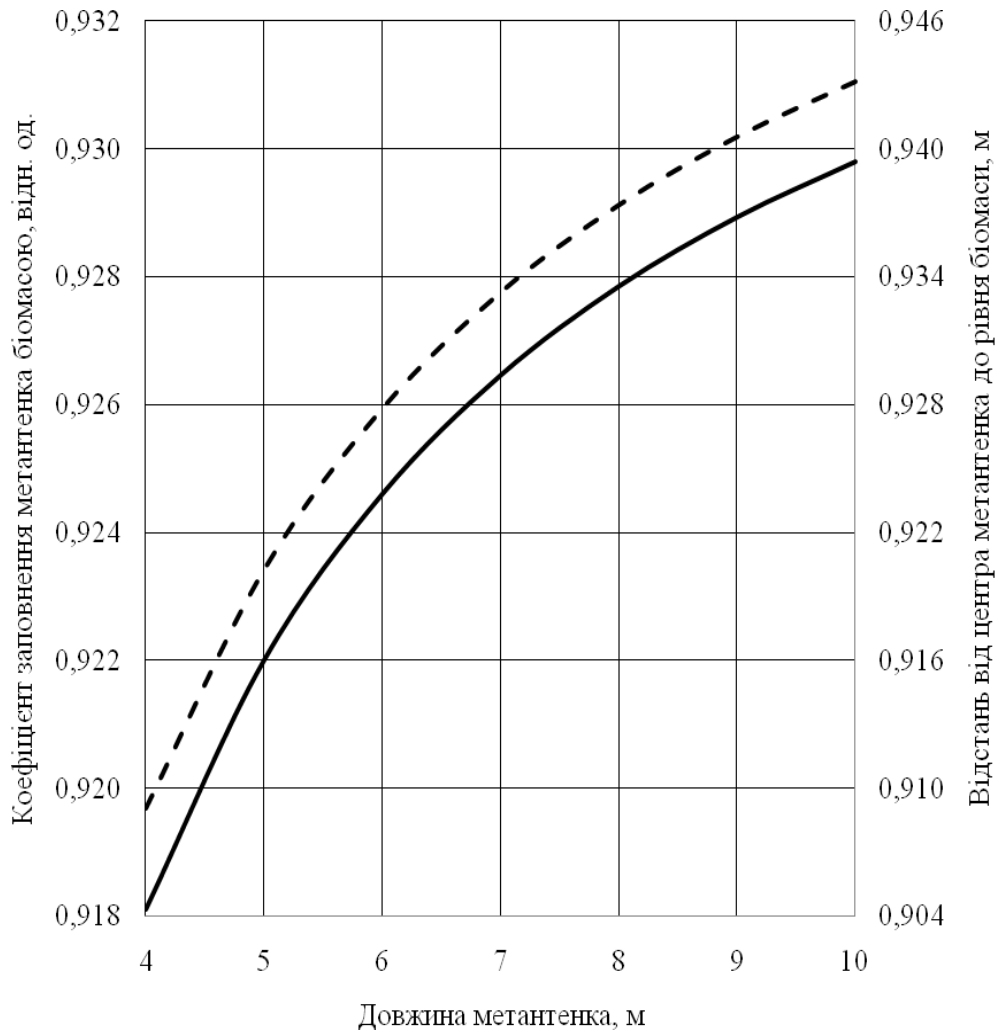


Рис. 3. Залежність коефіцієнта заповнення обертового метантенка органічною біомасою (основна лінія по основній шкалі) та відстані від центра обертового метантенка до рівня біомаси в обертовому метантенку (штрих пунктирна лінія по допоміжній шкалі) від довжини метантенка.

**Висновок.** Отримані залежності дозволяють визначити рівень занурення обертового метантенка в рідину та відстань від його центра до рівня рідини в яку він занурений, а також коефіцієнт його заповнення та відстань від центра обертового метантенка до рівня

біомаси в ньому від геометричних параметрів обертового метантенка та густини рідини в яку занурений обертовий метантенк при забезпеченні знаходження обертового метантенка у завислому стані.

### **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 / Голуб Г.А., Дубровіна О.В., Рубан Б.О., Войтенко В.О. // 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 / Голуб Г., Войтенко В., Рубан Б, Єрмоленко В. // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 2 (29). – С. 18–21.*

*Обоснованы зависимости для определения уровня заглубления оборотного метантенка в жидкость, а также коэффициента заполнения от его геометрических параметров при обеспечении нахождения оборотного метантенка во взвешенном состоянии.*

***Метантенк, біомаса, рівня заглублення, геометрические параметри.***

*Grounded dependence for determining level of immersion in liquid rotating of methane tanks and also fill factor on its geometrical parameters for providing location rotating of methane tanks in suspension.*

***Methane-tank, biomass, levels immersion, geometrical parameters.***

УДК 620.19:631.3

## **РОЗРОБКА СТОХАСТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ «ЛЮДИНА-МАШИНА» ПРИ НАКОПИЧЕННІ ВІДМОВ**

***А.І. Бойко, доктор технічних наук  
А.В. Новицький, кандидат технічних наук***

*Розроблена стохастична модель та проведено системний аналіз системи «людина-машина» при накопиченні відмов.*

***Машина, система, модель, надійність, оператор.***

© А.І. Бойко, А.В. Новицький, 2012