

УДК 628.35; 621.433; 66.074

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ БІОРЕАКТОРА – УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ (ГНОЮ)

Болтянський Б.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-05-70

Анотація – у статті обґрунтовано конструктивно-функціональну схему біореактора – установки для переробки органічних відходів (гною), який дозволяє отримувати високоякісні незаражені органічні добрива і біогаз – нетрадиційне джерело відновлюваної енергії.

Ключові слова – біомаса, біогазовий реактор, біогаз, біодобрива.

Постановка проблеми. Сучасний стан сільськогосподарського виробництва потребує зниження витрат енергії, пошуку її альтернативних джерел, отримання в достатній кількості якісних органічних добрив для відтворення родючості ґрунтів, а також усунення екологічних проблем, пов'язаних з забрудненням навколишнього середовища відходами тваринництва.

Однією з найбільш перспективних технологій утилізації безпідстилкового гною великої рогатої худоби (ВРХ) є метанове зброджування, яке на відміну від традиційних технологій використання гною, дозволяє отримувати біогаз як нетрадиційне джерело енергії і високоякісні незаражені органічні добрива [1].

Незважаючи на всі переваги і значні досягнення за останні десятиліття по розробці технологій і обладнання, метанове зброджування не знайшло широкого використання в сільськогосподарському виробництві України. Впровадження метанового зброджування безпідстилкового гною ВРХ стримується декількома причинами, в тому числі високою матеріаломісткістю і складністю технологічного обладнання, а також відсутністю взаємозв'язку його основних біотехнологічних показників з сумісними технологічними операціями по принципу біоконверсійного комплексу. Проте, до теперішнього часу ці питання практично не вирішені. Практично не вивчався процес підготовки бі-

омаси безпідстилкового гною ВРХ до ферментації з врахуванням параметрів технологічного процесу видалення та накопичення гною. Потребують подальшого дослідження основні параметри процесу і шляхи його інтенсифікації. Тому виникла необхідність в розробці більш ефективних конструкцій мікробіологічних реакторів.

Аналіз останніх досліджень. Проблемами та перспективами виробництва біогазу як альтернативного джерела енергії займаються такі дослідники та вчені, як Гелетуха Г.Г., Демчак І.М., Долінський А.А., Железна Т.А., Жовмір М.М., Калетнік Г. М., Кернасюк Ю.В., Кобець М.І., Козир В.С., Коненченков А.Є., Кузнецова А.В., Павліський В.М., Сокрут О.В., Лісничий В.М., Нагірний Ю.П., Тимченко Л.О., Чернявський С.Є., Скляр Р.В. та ін. Проте дана проблематика є настільки актуальною, що потребує всебічних системних досліджень.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою роботи є обґрунтування конструктивно-функціональної схеми біореактора – установки для переробки органічних відходів (гною).

Основна частина. Запропонована удосконалена конструкція біореактора малої ємкості для сільськогосподарських підприємств і фермерських господарств, який призначений для отримання газоподібного палива (біогазу), теплової і електричної енергії та екологічно чистих високоефективних органічних добрив при біотехнологічній переробці всіх видів органічних відходів (гною, посліду, фекально-сечових стоків, твердих побутових відходів, рослинних рештків) ферми ВРХ, свиноферми або птахофабрики. Об'єм біореактора 10 м³. За аналог взято російську біогазову установку «БІОЕН-1».

Проведено аналіз існуючого обладнання для метаногенеза органічних відходів. На основі аналізу розроблена удосконалена схема реактора-метантенка біогазової установки.

Після визначення всіх складових частин біогазового реактора була розроблена його конструктивно-функціональна схема (рис. 1).

Мікробіологічний реактор служить для метанового зброджування безпідстилкового гною і являє собою резервуар, який складається з верхньої циліндричної і нижньої конічної частин (див. рис. 1).

Біомаса завантажується крізь патрубок завантаження 3 у реактор, у нижній частині метантенка вона підігрівається спіральним теплообмінником 10, по якому рухається тепла вода. Біомаса перемішується шнековим змішувачем 2,4, верхня спіраль якого повинна бути вище рівня субстрату. Змішувач приводиться в рух електродвигуном 13, який вмикається 1 раз у годину на 5 хвилин, швидкість обертання шнека становить 2...5 1/хв. В процесі змішування досягається однорідність біомаси і руйнується кірка на її поверхні. Відпрацьований суб-

страт виходить крізь зливний патрубок 7, також необхідно передбачити наявність резервного патрубка 8, який виконає свої функції у випадку забивання основного.

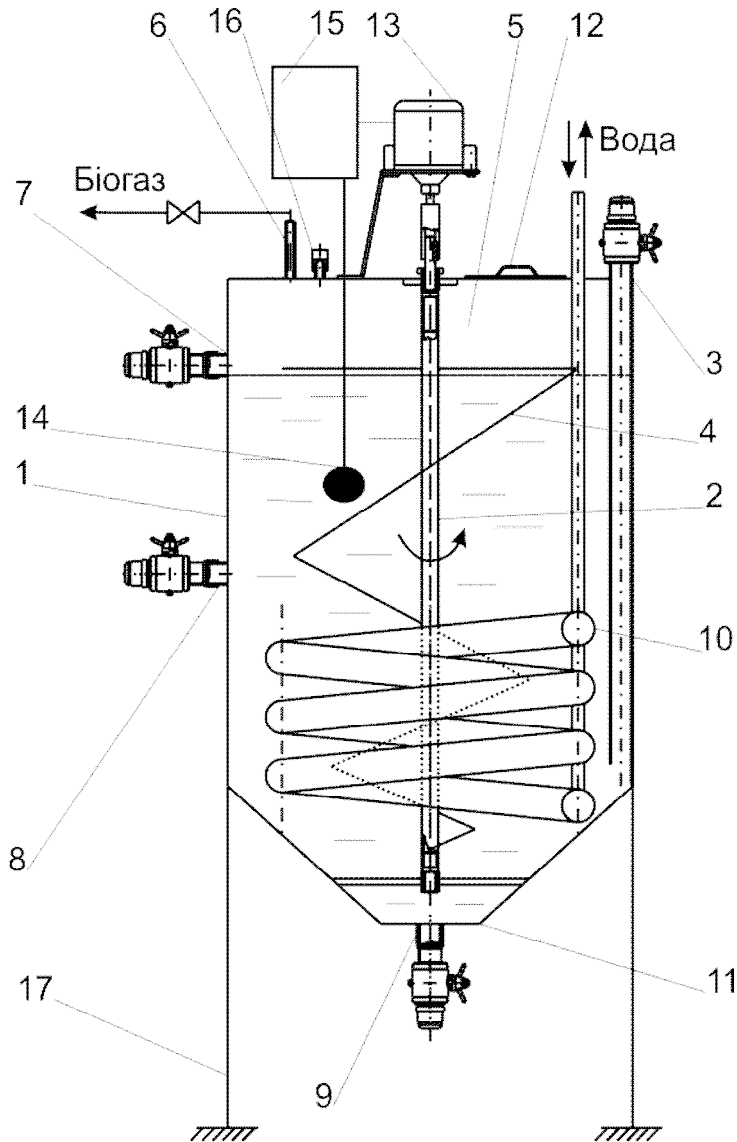


Рис. 1. Конструктивно-функціональна схема мікробіологічного реактора: 1 – корпус реактора, ззовні теплоізолюваний; 2 – вал змішувача; 3 – патрубок завантажувальний; 4 – шнек; 5 – газова камера; 6 – патрубок відбору; 7 – зливний патрубок; 8 – резервний патрубок; 9 – патрубок повного зливу; 10 – теплообмінник; 11 – з’ємне дно реактора; 12 – кришка реактора; 13 – електродвигун; 14 – датчик температури; 15 – блок автоматичного керування; 16 – запобіжний клапан; 17 – опора реактора

Дно метантенка пропонується зробити з’ємним, щоб можна було отримати доступ до його нижньої частини. У центрі дна розташо-

ваний патрубок повного зливу. За температурою біомаси у реакторі і режимами роботи електродвигуна слідкує блок автоматичного керування 15, який отримує дані з датчика температури 14. Біогаз збирається у верхній частині метантенку над біомасою у газовій камері 5. Далі крізь патрубок відбору 6 він переходить у газгольдер. На випадок перевищення допустимого значення тиску у кришці реактора запроєктовано запобіжний клапан 16. Також у кришці метантенка потрібно передбачити технологічні люки 12.

Найважливішим елементом біогазової установки є метантенк. Від його конструкції залежить продуктивність й економічна ефективність всієї установки. Для вибору форми, розмірів і конструкції реактора вирішальну роль грають такі фактори, як: масова витрата субстрату при заповненні; заданий вихід газу або ступінь зброджування субстрату як функція від концентрації сухих речовин, завантаження робочого простору, часу циклу зброджування та інтенсивності перемішування; система виробництва; рівень механізації [2]. Приймаємо циліндрично-конічну форму менантенка.

Габаритні розміри реактора визначаємо, виходячи з ємності його камери бродіння (10 м^3) і форми (рис. 2). Визначаємо об'єм камери бродіння реактора, як суму об'ємів двох простих геометричних тіл (циліндра і конуса)

$$V_k = V_1 + V_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h + \frac{\pi \cdot (H - h)}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d) \cdot \quad (1)$$

З конструктивних міркувань (зручність завантаження, форма оптимального поперечного перерізу, простота виготовлення) визначимо співвідношення між геометричними розмірами:

$$H:D = 4:3; H - h = H/4; h = 3H/4; d = 0,5 \text{ м.}$$

Врахувавши, що $V_k = 10 \text{ м}^3$, $H = x$ і підставивши визначені вище співвідношення у формулу (1), отримаємо рівняння 3-го ступеня

$$\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{3}{4} \cdot x\right)^3 + \frac{\pi}{12} \cdot \frac{x}{4} \left(\left(\frac{3}{4} \cdot x\right)^2 + 0,5^2 + 0,5 \cdot \frac{3}{4} \cdot x\right) - 10 = 0. \quad (2)$$

Знаходимо вирішення даного рівняння у середовищі Mathcad

$$x = 2,733 \text{ м.}$$

Звідси визначаємо геометричні розміри камери бродіння реактора:

$$x = H = 2,733 \text{ м; } D = 3 \cdot 2,733/4 = 2,05 \text{ м;}$$

$$H - h = 2,733/4 = 0,683 \text{ м; } h = 2,05 \text{ м.}$$

Приведемо геометричні розміри камери бродіння до нормальних

лінійних розмірів згідно до ГОСТ 6636-69:

$$H = 2,8 \text{ м}; D = 2 \text{ м}; H - h = 0,71 \text{ м}; h = 2 \text{ м}.$$

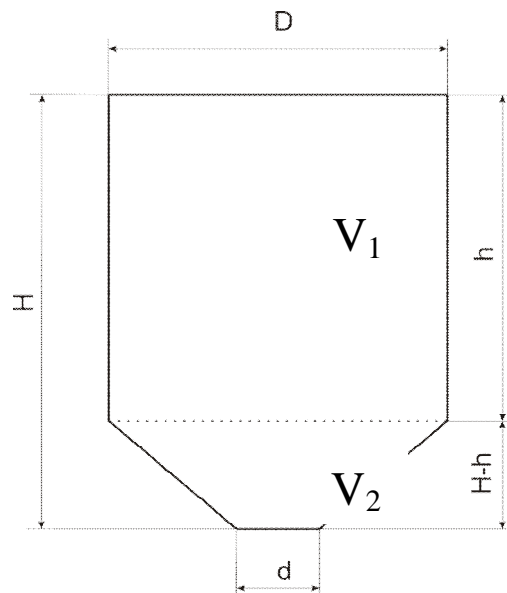


Рис. 2. Схема форми реактора

Визначення повної висоти реактора [3]

$$H_n = \frac{(100 + 15)}{100} \cdot H = \frac{(100 + 15)}{100} \cdot 2,8 = 3,22 \text{ м}. \quad (3)$$

Для теплоізоляції застосовуємо мати зі скляного штапельного волокна. Матеріалом для виготовлення основного корпусу служить листовая сталь.

Щоб отримати необхідну для процесу бродіння температуру і по можливості підтримувати її на постійному рівні, слід передусім підігріти субстрат, що подається в реактор, до потрібної температури. Додаткове підведення теплоти необхідне для компенсації теплових втрат. У принципі, теплоту можна підводити до субстрату в робочий простір реактора або до живильного пристрою. Оскільки перепади температури негативно впливають на хід біологічного процесу, необхідно по можливості об'єднати підведення теплоти з інтенсивним перемішуванням. Крім того, у системі підведення теплоти необхідно передбачити, щоб на поверхнях теплопередачі не відкладалися зважені в субстраті тверді частинки (тому рекомендується, наприклад, високі швидкості руху субстрату відносно поверхонь теплопередачі), або щоб ці поверхні легко очищувалися. А це вже досить складне конструктивне рішення. І ще, дуже важливо, щоб на роботу теплообмінни-

ка не повинна впливати наявність у субстраті твердих матеріалів (наприклад, стебел соломи, пир'я, шерсті тощо) [4].

Пропонуємо застосувати у розроблюваній конструкції метантенку підігрів у робочому просторі. Для невеликих реакторів з перемішувальними пристроями цілком підходять теплообмінні нагрівальні агрегати (наприклад шланги, циліндричні або плоскі теплообмінники), крізь які прокачується гаряча вода ($t \leq 60^{\circ}\text{C}$) та які можна виймати з реактора при його очищенні. Саме циліндричний теплообмінник у вигляді спіральної трубки використовуємо у проектуваному реакторі.

Для перемішування субстрату пропонується застосувати шнекову мішалку, що приводиться в дію електродвигуном [5].

Висновки. На основі проведеного аналізу і технічної характеристики серійної біогазової установки «БІОЕН-1» розроблена удосконалена конструктивно-функціональна схема реактора-метантенка.

Корпус реактора циліндрично-конічної форми розміщений вертикально. Мішалка – шнекова співвісна з корпусом реактора. Підігрівач розташований в робочому просторі реактора та є спіральною трубою, по якій тече нагріта вода.

Даний реактор може переробляти органічні відходи ВРХ, свиней, птиці з невеликих фермерських господарств, його об'єм – 10 м^3 . Щоденно реактор здатний перобити 640 кг гною. Вихід біогазу $17,6 \text{ м}^3/\text{добу}$. Річний вихід органічних добрив 170 т. На підігрівання біомаси потрібно $2 \text{ м}^3/\text{добу}$ біогазу або в тепловому еквіваленті: 31,5 МДж у теплий період року (245 днів) і 74,2 МДж у холодний період (120 днів).

Література:

1. Нікітенко А.М. Екологічні проблеми та їх значення у відтворенні великої рогатої худоби / А.М. Нікітенко // Вісник БДАУ. Зб. наук. праць. – Біла Церква, 2008. – Вип. 7-4.1. – С. 224-230.
2. Скляр А.Г. Анализ показателей для контроля биологического процесса анаэробного разложения / А.Г. Скляр, Р.В. Скляр // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015. – Vol.17, No. 9. – P. 65-70.
3. Дубровін В. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В. Дубровін, М. Корчемний, І. Масло. – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2006. – 256 с.
4. Корчемний М.О. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М.О. Корчемний, В.С. Федоренко, В.В. Щербань. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2001. – 984 с.
5. Баадер В. Биогаз. Теория и практика / В. Баадер, Е. Донс, М. Брендерфер ; пер. с нем. М.И. Серебряного. - М., 2006.

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
СХЕМЫ БИОРЕАКТОРА – УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ
ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ (НАВОЗА)**

Болтянский Б.В.

Аннотация – в статье обоснована конструктивно-функциональная схема биореактора – установки для переработки органических отходов (навоза), который позволяет получать высококачественные обеззараженные органические удобрения и биогаз - нетрадиционный источник возобновляемой энергии.

**SUBSTANTIATION OF THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL
LAYOUT OF A BIOREACTOR – AN INSTALLATION FOR
PROCESSING OF ORGANIC WASTE (MANURE)**

B. Boltyansky

Summary

The structural and functional layout of a bioreactor – an installation for processing of organic waste (manure) which allows obtaining high-quality decontaminated organic fertilizer and biogas (an unconventional source of renewable energy) is substantiated in a paper.