

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ МЕТАНТЕНКІВ

Victor Polischuk, Svetlana Tarasenko, Olga Sergeyeva

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony Str. 15, Kiev, 03041, Ukraine

Анотація. Проведений аналіз існуючих конструкцій метантенків. Розглянуті їх основні переваги та недоліки.

Ключові слова: біогаз, метантенк, ферментатор, камера зброджування.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Енергозабезпеченість людства все більше залежить від природного газу по причині зручності його використання та екологічній чистоті. Однак його запасів вистачить всього розвіданих запасів вистачить всього на 100-150 років [1]. Причому найбільші запаси природного газу сконцентровані тільки в певних регіонах: Росії, Ірані, на Аравійському півострові. Інші країни вимушені купувати природний газ. Україна хоч і займає третє місце в Європі по обсягах видобування природного газу (після Голландії і Норвегії), забезпечує себе власним природним газом лише на 20% [2]. Решта експортується з Росії та Казахстану. Зате в Україні вдосталь сировини для отримання аналога природного газу – біогазу, який отримується із біологічної сировини (гної, відходів аграрного виробництва та переробки сільського продукції, біомаси тощо) на біогазових установках, які складаються з метантенка, в якому відбувається метанове бродіння, резервуару для біошламу і газгольдера, призначеного для зберігання біогазу [3].

Метантенк є найважливішою складовою біогазової установки. Від його конструктивних особливостей залежить ефективність виробництва біогазу, а отже, і його рентабельність [4]. Тому метою наших досліджень є визначення перспективних конструкцій метантенків та ймовірних напрямків їх розвитку.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метантенк (від англ. methane – метан і tank – резервуар) – пристрій для анаеробного бродіння рідких органічних відходів із отриманням метану. Іншими назвами метантенку є *біореактор*, *ферментатор*, *камера зброджування*.

Виходячи із характеру процесу бродіння і його технології, до метантенків пред'являють наступні вимоги: абсолютна герметичність стінок, що перешкоджає газообміну; непроникність для рідин; збереження міцності в статичному стані при дії власної сили тяжіння і маси субстрату, що завантажуються; досконала теплоізоляція; корозійна стійкість; надійність завантаження і спорожнення; доступність внутрішнього простору для обслуговування.

Метантенки, як правило, бувають горизонтальної і вертикальної конструкції.

Горизонтальне розташування метантенка має ту перевагу, що можна застосовувати потужні, надійні в експлуатації і енергозберігаючі механічні мішалки, в результаті чого досягається хороший ефект перемішування. Завдяки пробковій подачі сировини складаються сприятливі умови з точки зору біології процесу. Можливим є велике завантаження метантенка (до 7-10 кг органічної сухої речовини на 1 м³). Недоліком метантенків із горизонтальним розташуванням є велика потреба в площі під резервуар. Лежачі метантенки на сьогоднішній день обмежені в своєму об'ємі до 1000 м³. Іншими недоліками таких метантенків є велика площа поверхні в порівнянні з об'ємом (з відповідно високими тепловтратами) і брак культури бактерій

з перебродженого біошламу для свіжого субстрату. Для рідкого або твердого гною ВРХ це не грає жодної ролі, оскільки в такому субстраті спочатку міститься достатня кількість метаноутворюючих бактерій. Гній свиней, енергетичні рослини або органічні відходи, що не містять або містять невелику кількість анаеробних бактерій, при використанні пробкового проштовхування сировини мають бути "заквашені" перебродженим субстратом, що можна зробити в резервуарі попереднього зберігання або за допомогою автоматичної системи подачі закваски.

Метантенки з горизонтальним розташуванням виготовляються переважно у вигляді циліндричних металевих баків і розміщуються над поверхнею ґрунту. Якщо це бетонний варіант, то він може мати або квадратну або прямокутну форму поперечного перетину.

Метантенки вертикального розташування з міркувань статички переважно мають круглу форму поперечного перетину. В порівнянні з горизонтальним варіантом вони більш компактні, мають вигідніше співвідношення площі поверхні до об'єму, що зменшує витрати матеріалів і тепловтрати [5]. Вони не обмежені в своїх об'ємах. На сьогоднішній день можна будувати метантенки об'ємом до 6000 м³. Вимоги до змішувачів високі, оскільки в цьому випадку повинна створюватись сильна течія, необхідна для досягнення гомогенізації. Недоліком метантенків вертикального розташування є те, що не можна досягти пробкового проштовхування. Ступінь завантаження метантенка залежить від розмірів резервуару, типу мішалок і їх потужності, а також від виду субстрату, і становить до 4 кг органічної сухої речовини на 1 м³.

На сьогоднішній день відомі [6] метантенки в формі яйцеподібного, кубічного, циліндричного, циліндричного з конусною верхньою або нижньою частиною і горизонтального резервуарів, а також в вигляді виритої в ґрунті герметичної траншеї (рис. 1).

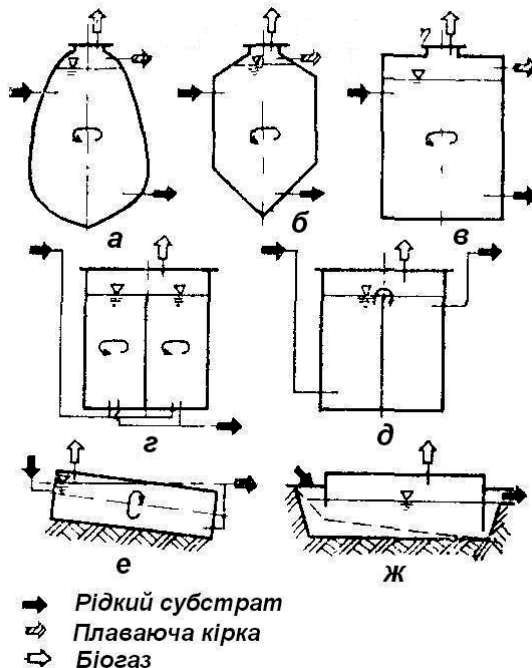


Рис. 1. Форми метантенків: а – яйцеподібна; б – циліндрична з конусною верхньою або нижньою частинами; в – циліндрична; г – циліндрична з перегородкою; д – кубічна; е – горизонтальна; ж – в вигляді виритої в ґрунті траншеї

Метантенк в вигляді яйцеподібного резервуара є найкращим з точки зору статичної міцності, створення умов для переміщення рідкого субстрату (витрат енергії на перемішування), відведення осаду і руйнування плаваючої кірки (рис. 1,а). Проте в крупних

установках метантенки роблять лише з бетону. Тому висока вартість їх виготовлення істотно обмежує їх використання. В той же час, для менших об'ємів (до 30 м³) можна виготовляти біореактори такої форми з поліефірної смоли, армованої скловолоконном (склопластика).

Циліндричний метантенк з конусною верхньою або нижньою частиною (рис. 1,б), як і яйцеподібний, має ту перевагу, що для нього характерні невеликий простір для накопичення біогазу, концентрована в обмеженому об'ємі плаваюча кірка, а також хороше відведення біошламу. Проте в порівнянні з яйцеподібною, ця форма біореактора створює менш сприятливі умови для перемішування рідкого субстрату. Метантенки такої форми, що використовуються в комунальних установках для очищення і розкладання стоків, виготовляють з бетону. В сільському господарстві застосовуються метантенки меншої місткості переважно сталеві конструкції. При виготовленні їх із склопластика можна досягти кращих результатів відносно умов перемішування субстрату.

Циліндричний метантенк (рис. 1,в) в порівнянні з біореакторами обох описаних вище форм створює гірші умови для перемішування субстрату, а також в результаті великої поверхні контакту середовища вимагає вищих витрат на видалення біошламу і руйнування плаваючої кірки, що пов'язано із збільшенням витрати енергії на перемішування [7]. До його переваг можна віднести відносно просту технологію виготовлення, яка спирається на досвід будівництва місткостей для сільськогосподарських цілей (сталеві, бетонні, склопластикові силоси для консервації кормів, зерно- і гноєсховища).

Якщо циліндричний метантенк [8] розділити поперечною перегородкою на дві камери, відчувається економічний ефект в порівнянні із затратами, необхідними для виготовлення двох окремих резервуарів (система з поперемінним використанням реакторів – (рис. 1,г) або проточна система – (рис. 2)).

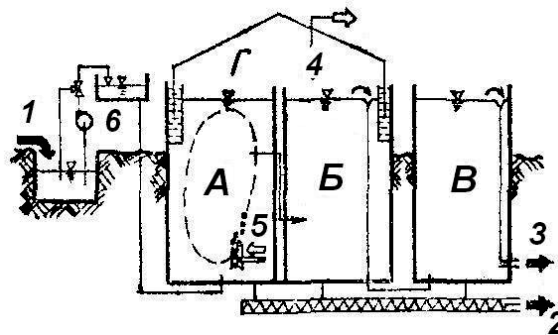


Рис. 2. Двокамерна біогазова установка, що працює за проточним принципом:

А – головна бродильна камера; Б – камера для остаточного зброджування і осадження біошламу; В – накопичувач біошламу; Г – простір для накопичення біогазу; 1 – подача гною; 2 – відведення крупнодисперсного біошламу; 3 – відведення дрібнодисперсного біошламу; 4 – відбір біогазу; 5 – перемішувач, що працює на стиснутому біогазі; 6 – насос

При такій компоновці не лише відпадає необхідність в теплоізоляції зовнішніх стінок метантенку, але і покращується теплопередача між обома камерами через перегородку, виконану з теплопровідного матеріалу. Вбудовування в цю перегородку нагрівального пристрою дає додаткові конструктивні і енергетичні переваги.

Кубічний метантенк у вигляді басейну або ями з кришкою (рис. 1,д) використовується переважно у простих невеликих установках [9], що зводяться власними силами. Такий біореактор можна теж розділити на дві частини (рис. 3): головну бродильну камеру 1 і камеру для остаточного зброджування і осадження біошламу 2.

Установки цього типу не дозволяють отримати високу ступінь зброджування субстрату, оскільки в них не забезпечується ні рівномірне перемішування біомаси, ні управління завантаженням робочого об'єму камери і часом перебування біомаси в метантенку, що необхідно для отримання максимального виходу біогазу. Руйнування плаваючої кірки і осадку пов'язане з великими витратами [10]. У *горизонтальному метантенку* (рис. 1,е) субстрат

переміщується в подовжньому напрямку, причому для невеликих установок можна застосовувати циліндричні біореактори, зроблені із сталі або склопластика. Перемішування субстрату відбувається за допомогою горизонтальної мішалки (рис. 4).

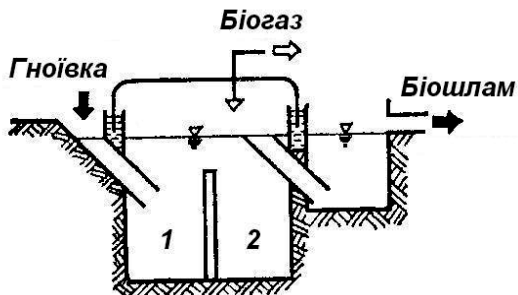


Рис. 3. Двокамерний кубічний метантенк

У горизонтальному метантенку (рис. 1,е) субстрат переміщується в подовжньому напрямку, причому для невеликих установок можна застосовувати циліндричні біореактори, зроблені із сталі або склопластика. Перемішування субстрату відбувається за допомогою горизонтальної мішалки (рис. 4).

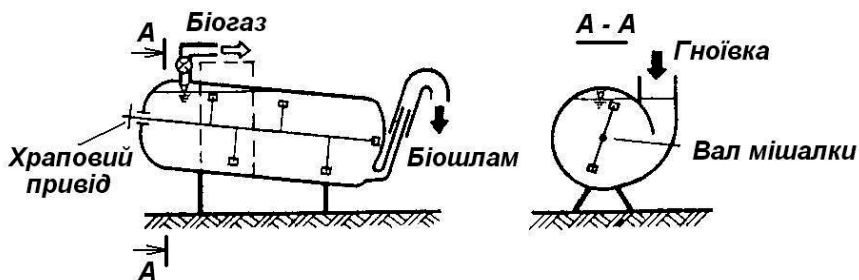


Рис. 4. Горизонтальний метантенк з перемішуючим пристроєм

Похиłe розташування подовжньої осі резервуару полегшує стікання біошламу у напрямку до вивантажного отвору. Така конструкція зручна для розміщення простого перемішуючого механізму.

Бродильна камера у вигляді виритої в ґрунті траншеї (рис. 1,ж) дозволяє обробляти великі кількості субстрату. Як будівельний матеріал використовують, як правило, бетон. Поверх субстрату плаває металічний поплавок-кришка, в якому накопичується біогаз. Подальшим розвитком даної конструкції є заміна сталі в кришці-поплавку на еластичний матеріал, який здатен збільшувати свій об'єм по мірі накопичення біогазу (рис. 5). Еластична кришка-поплавок підтримується на плаву за допомогою пінопластових плит.

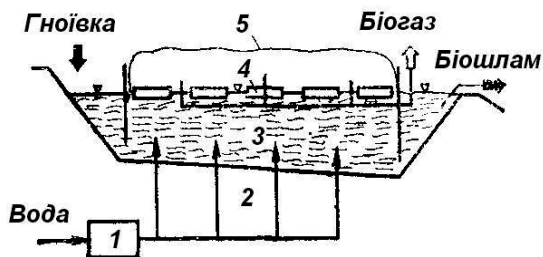


Рис. 5. Метантенк у вигляді виритої в ґрунті траншеї із еластичною кришкою-поплавком

Особливе положення займають еластичні метантенки, що використовуються переважно в країнах Східної Азії. Вони складаються із щільної прогумованої або пластмасової оболонки,

поширеної тканинними прошарками, яка має форму міхура, що полегшує сприйняття статичних навантажень. Еластичний метантенк робиться заглибленим в півсферичну виїмку в ґрунті (рис. 6), або знаходиться на поверхні землі і поміщається всередині жорсткого циліндричного огородження.

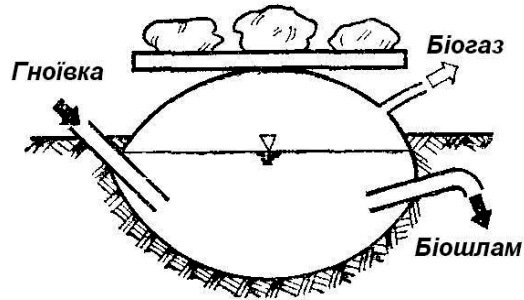


Рис. 6. Еластичний метантенк

При виборі форми, розмірів і конструкції метантенка враховуються насамперед наступні фактори: масова витрата субстрату при заповненні; заданий вихід біогазу або міра зброджування субстрату як функція від концентрації сухих речовин, завантаження робочого простору, часу циклу зброджування і інтенсивності перемішування; вживана система виробництва; рівень механізації.

Вказані типи метантенків можуть бути розміщені наземним, напівзаглибленим або заглибленим способом.

Наземне розміщення метантенка обирають, як правило, при високому рівні ґрунтових вод. Можна заощадити на земляних роботах, але при цьому необхідно використовувати дорогі матеріали для зовнішньої теплоізоляції. Недоліком є високі тепловтрати в зимовий період і підвищені інвестиційні витрати при висоті резервуару понад 6 м.

Заглиблене розміщення метантенка має ту перевагу, що ферментатори не змінюють загального вигляду ландшафту, не займають місця і таким чином можуть розташовуватися в центрі архітектурного комплексу. Крім того, із-за свого перебування в ґрунті вони захищені від різких зовнішніх температурних коливань, що особливо стає помітним в холодні зими завдяки низьким витратам енергії на підтримання процесу. Для використання такого варіанту завжди необхідно враховувати рухи ґрунту, а весь контур резервуару має бути ізольований дорогими, стійкими до вологі ізоляційними матеріалами.

ВИСНОВКИ

1. Горизонтальне розташування метантенків дозволяє ефективно перемішувати субстрат та забезпечувати безперервне протікання процесу за рахунок його пробкового проштовхування. Вертикальні метантенки, в порівнянні з горизонтальними, більш компактні, займають меншу площу і мають нижчі втрати тепла.

2. Для великомасштабних виробництв біогазу найкращим чином відповідають циліндричний, горизонтальний, еластичний метантенки, та метантенк в формі яйцеподібного резервуару. Кубічний метантенк та бродильна камера в вигляді виритої траншеї за економічними показниками більше підходить для невеликих біогазових установок.

3. Наземне розташування метантенка краще підходить для теплого клімату. Якщо клімат більш холодний, для зниження тепловитрат встановлюються заглиблені та напівзаглиблені метантенки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баадер В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М.: Колос, 1982. – 148 с.

2. Енергобіотехнологія: [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнев, І.В. Свистунова. – К.: Холтех, 2010. – 248 с.
3. Технології виробництва біогазу : [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнев, І.В. Свистунова. – К.: Холтех, 2010. – 84 с.
4. Эдер Б. Биогазовые установки. Практическое пособие / Барбара Эдер, Хайнц Шульдц. – М.: Колос, 2006. – 240 с.
5. Технології виробництва біодизеля : [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнев. – К.: Холтех, 2009. – 100 с.
6. Енергобіотехнологія: [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук. – К.: Холтех, 2011. – 356 с.
7. Технології виробництва біогазу: [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнев, І.В. Свистунова. – К.: Холтех, 2010. – 84 с.
8. Eder Barbara. Biogas-Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit / Barbara Eder, Heinz Schulz; mit Beiträgen von Andreas Krieg. – 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl. – Staufen bei Freiburg: Ökobuch, 2006. – 238 str.
9. ATmega8 data sheet / [Електронний ресурс] / Atmel corporation // Режим доступу до журн.: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf.
10. FT232R USB UART IC Datasheet / [Електронний ресурс] / FTDI // Режим доступу до журн.: http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS_FT232R_V205.pdf.

STRUCTURAL FEATURES OF METHANE-TANK

Summary. The analysis of existent constructions of methane-tank is conducted. Considered their basic advantages and failings.

Key words: biogas, methane-tank, bioreactor, chamber of fermentation.