

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РЕАКТОРІВ ДЛЯ ТВЕРДОФАЗНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ

**О. А. Марус, кандидат технічних наук
Г. А. Голуб, доктор технічних наук**

Анотація. В роботі наведений аналіз конструкцій реакторів для переробки твердих органічних відходів в біогаз та біодобриво із зазначенням їх конструкційних переваг та недоліків.

Ключові слова: *реактор, твердофазна ферментація, біогаз, біодобриво*

Постановка проблеми. Скорочення природних запасів традиційного палива спонукає суспільство замислюватись над проблемою пошуку альтернативних варіантів отримання біопалива. Переробка харчових відходів на сьогоднішній день є одним із напрямків зменшення їх кількості та отримання додаткових енергетичних можливостей, які можна використати в процесах переробки овочів та фруктів.

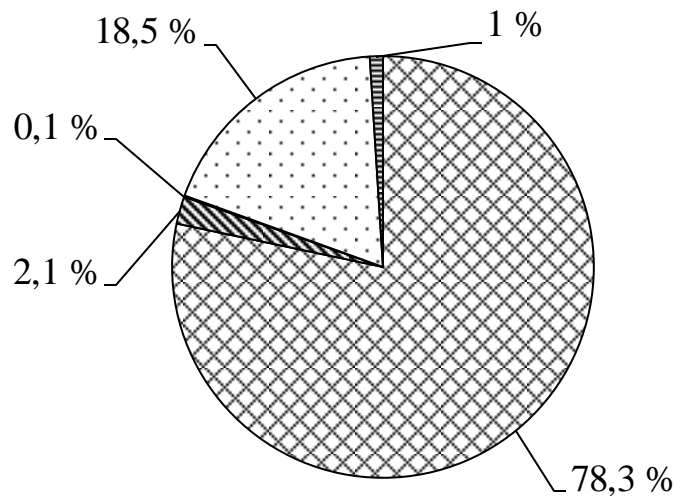
Щороку 7 млн. тон харчових відходів спрямовуються до смітників. За підрахунками експертів, третину харчової сировини втрачають в процесі виробництва, ще третину – під час реалізації та в процесі приготування їжі, решту відправляють на смітники вже безпосередньо у домогосподарствах [9]. Тому проведення досліджень по переробці органічних харчових відходів на основі використання реакторів із твердофазною ферментацією є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Твердофазна ферментація відбувається в твердому, сипучому або пастоподібному середовищі з вологістю субстрату від 30 до 80 % [2].

Одним із самим поширеніших вітчизняних харчових продуктів являється картопля, якої щороку в Україні вирощується в середньому 20 млн. т. За своїм вмістом вона складається з води, білків, жирів, вуглеводів та харчових волокон (рис. 1) [8]. Вихід біогазу з 1 тонни свіжої картоплі становить від 160 до 200 м³/т при вмісті метану від 50 до 52 % [8, 10]. Тому переробка залишків картоплі та відходів виробництва картопляних блюд є актуальним.

Найбільш поширені наступні типи твердофазних ферментерів: біореактор типу лотка; біореактор з ущільненим шаром; біореактор типу барабана, що обертається; твердофазний біореактор, що

гойдається; біореактор у вигляді ємності із мішалкою; повітряний твердофазний біореактор з псевдорозрідженим шаром (табл. 1) [1].



☐ вода ☒ білки ☑ жири ☐ вуглеводи ☒ харчові волокна

Рис. 1. Складові компоненти картоплі.

1. Типи твердофазних ферментерів та їх недоліки.

Тип ферментера	Недоліки
лотковий	– допускається забруднення зовнішніми мікроорганізмами; – реактор має значні габарити і потребує значних затрат на його експлуатацію.
з ущільненим шаром	– субстрат гранульований – значне виділення тепла призводить до сповільнення росту мікроорганізмів; – постійна аерація висушує субстрат.
обертювий	– в середині рухомого субстрату діють зусилля зсуву, що приводить до руйнування грибкових структур (міцеліуму, спорангіуму, фруктовегетативної маси); – безперервний рух ферментера може викликати агрегацію вологого субстрату; – необхідні поверхні для сполучення із зовнішнім середовищем (патрубки впуску і випуску повітря, патрубків подачі води), які можуть стати джерелом забруднення.
коливальний з мішалкою	– обмежений об'єм ферментера. – проблеми з використанням значних кількостей субстрату, оскільки він не може переміщуватись рівномірно, не викликаючи руйнування структури субстрату.
повітряний із псевдорозрідженим шаром	– потребує відносно значного обсягу реактора та значних витрат енергії.

Метою досліджень є проведення аналізу конструкцій реакторів для твердофазної ферментації.

Результати досліджень. Проведений аналіз існуючих конструкцій реакторів для виробництва біогазу показав, що найбільш поширені конструкції для рідкої ферментації або поєднання твердо та рідкофазного зброджування.

Патентний пошук виявив, що для твердофазної ферментації використовується реактор із застосуванням модульної основи типу лотка (рис. 2) [1]. Модель такого ферментера зручна у використанні: лотки з субстратом легко завантажуються і вивантажуються з реактора, що також полегшує його знезараження. Але це є також і недоліком цього реактора, оскільки призводить до значних простоїв у продовж завантаження, вивантаження біомаси та дезінфекції або миття реактора, що в свою чергу негативно впливає на його продуктивність.

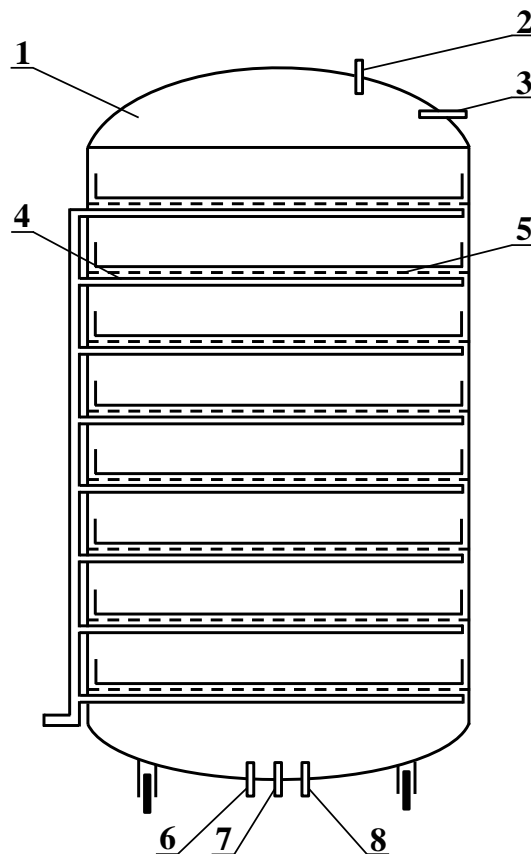


Рис. 2. Твердофазний ферментер [1]: 1 – кришка; 2 – патрубок для випуску повітря; 3 – отвір для засіву ферментера; 4 – патрубок для охолодження субстрату; 5 – модульна основа 6 – патрубок для подачі повітря; 7 – патрубок для подачі води; 8 – патрубок подачі води з посівним матеріалом мікроорганізмів.

Для переробки твердих органічних відходів існує ферментер [3] (рис. 3), в якому враховано всі ключові моменти виробництва біогазу, навіть вдалось поєднати сам реактор з газгольдером в одній конструкції, що відповідно й ускладнило її. Недоліком також являється

значна відстань для транспортування біосировини в реактор. Система вивантаження біомаси реалізована за рахунок установки шнекового розвантажувача по днищу реактора, через який також проходить патрубок завантаження, калорифер та система видалення вологи, що не дозволяє забезпечити максимально-якісного вивантаження біодобрив.

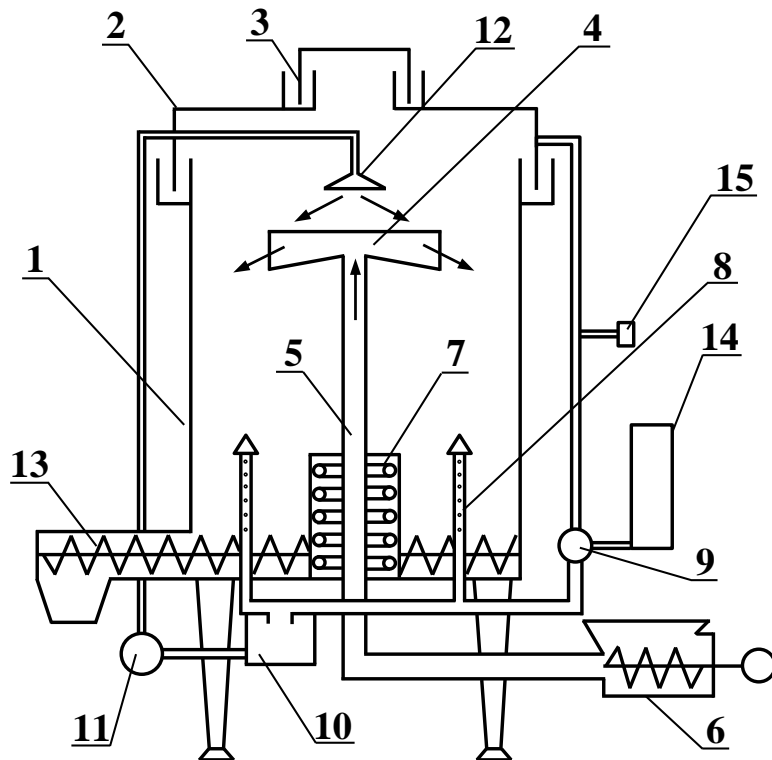


Рис. 3. Ферментер [3]: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – газгольдер; 4 – розподілювач; 5 – патрубок завантаження; 6 – пристрій для завантаження; 7 – калорифер; 8 – барботер; 9 – компресор; 10 – іннокулятор; 11 – насос іннокулятора; 12 – розпилювач; 13 – шнековий розвантажувач; 14 – ємність для збору палива; 15 – повітря забірник.

Біогазовий реактор [4] (рис. 4) забезпечує безперервність процесу виробництва біодобрив та біогазу, але він також містить суттєвий недолік, а саме: колосникові решітки мають отвори, а це означає, що з біомаси, яка знаходиться на решітці буде видалятися волога. Коли маса переміститься на другу решітку реактора, вологи буде ще менше, а це негативно вплине на продуктивність реактора по виробництву біогазу.

Біогазовий реактор [5] (рис. 5) має спроектовану систему вивантаження біомаси, але використання шнеку для розподілу біосировини по реактору не дозволяє виконати це рівномірно, до того ж виконання перемішування призводить до спресовування біомаси.

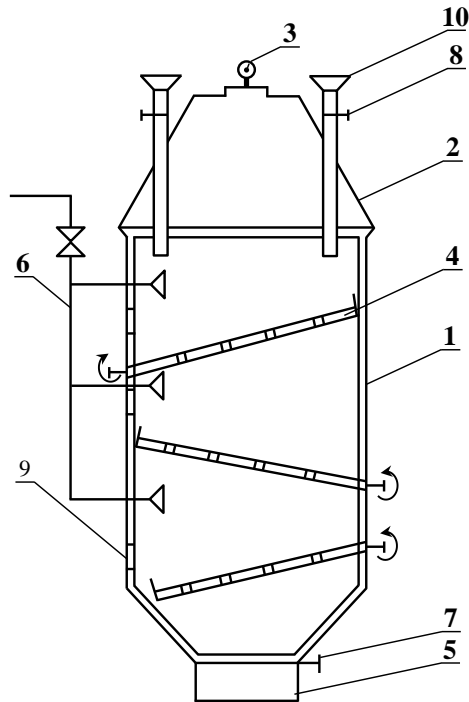


Рис. 4. Біогазовий реактор [4]: 1 – резервуар; 2 – ковпак; 3 – манометр; 4 – провальні колосникові решітки з вмонтованим нагрівником; 5 – ємність для збору біодобрив; 6 – труба споживача; 7 – заслінка; 8 – заслінки; 9 – оглядові вікна; 10 – шахти завантаження біомаси.

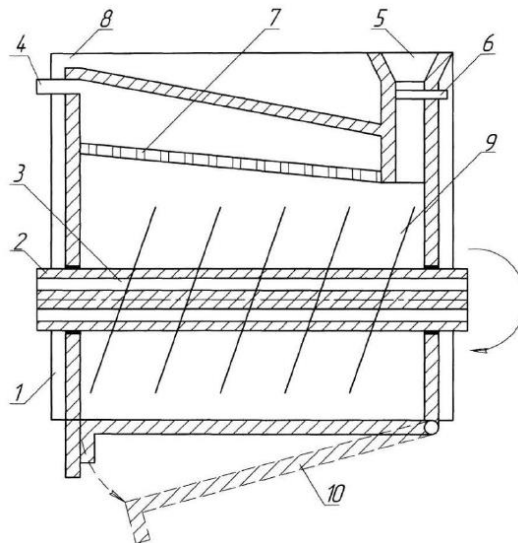


Рис. 5. Біогазовий реактор [5]: 1 – резервуар; 2 – вал; 3 – підігрівач; 4 – штуцер відведення біогазу до труби споживача; 5 – бункер завантаження; 6 – шиберна заслінка; 7 – захисна газорозподільна решітка; 8 – корпус; 9 – шнековий перемішувач; 10 – дно, яке шарнірно прикріплене до корпусу.

Існуючі комбіновані ферментери (рис. 6, рис. 7) [6, 7] працюють по одному принципу: є конструкційний елемент, на рис. 6 в установці для зброджування твердих та рідких органічних відходів це шнековий

транспортер, а в метантенку (рис. 7) – скребковий транспортер, які використовуються для завантаження і транспортування твердої фракції через рідкофазний реактор. Однак використання таких реакторів, при наявності значних об'ємів твердої біомаси, є неможливим.

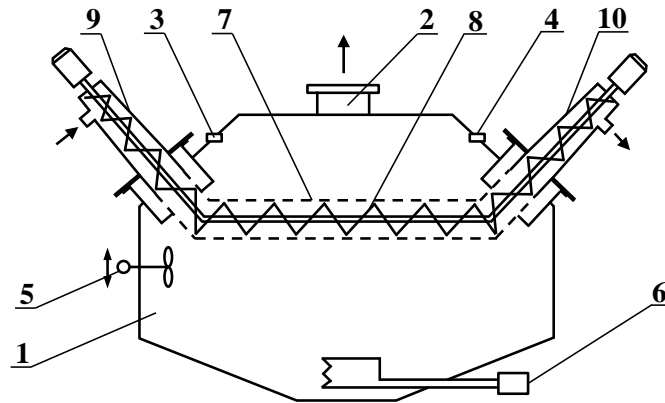


Рис. 6. Установка для зброджування твердих та рідких органічних відходів [6]: 1 – реактор; 2 – патрубок для виходу газу; 3 – патрубок завантаження рідких органічних відходів; 4 – патрубок вивантаження рідких органічних відходів; 5 – пристрій для перемішування; 6 – пристрій для підігріву; 7 – перфорована ємність; 8 – шнек; 9 – вузол завантаження твердих органічних відходів; 10 – вузол вивантаження твердих органічних відходів.

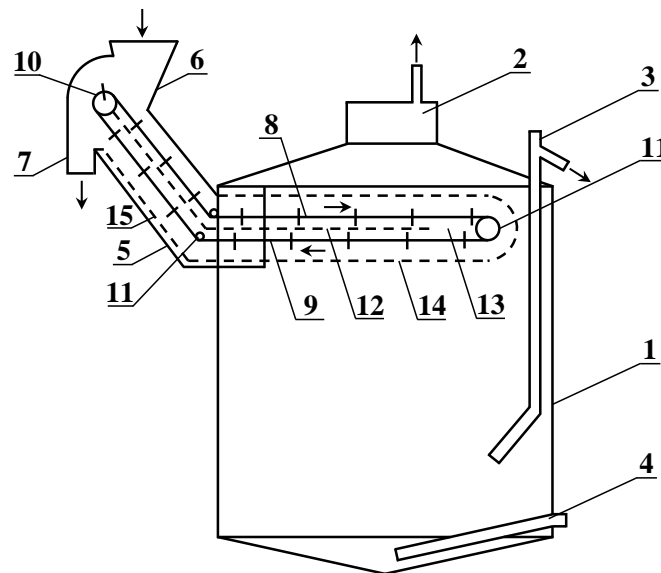


Рис. 7. Метантенк [7]: 1 – резервуар; 2 – газозбірник; 3 – патрубок зливу; 4 – патрубок спорожнення; 5 – змінний ланцюгово-скребковий завантажувально-розвантажувальний елеватор; 6 – патрубок завантаження; 7 – патрубок вивантаження; 8 – верхня гілка елеватора; 9 – нижня гілка елеватора; 10 – провідні зірочки; 11 – допоміжні бічні і кінцеві зірочки; 12, 14 – перфорована огорожа; 14 – перевантажувальне вікно; 15 – похила частина перфорованої огорожі.

Отже, аналіз існуючих конструкцій реакторів для твердофазної ферментації показав (табл. 2), що існують реактори періодичної та безперервної дії. Якщо це реактор періодичної дії, то до основних недоліків можна віднести його низьку продуктивність, а якщо безперервної – то це відсутність або недосконала система перемішування біомаси.

2. Основні вимоги до твердофазних реакторів та їх параметрів.

Тип реактора	Вимоги до параметрів реакторів					
	Ефективне перемішування	Завантаження біомаси	Якісне видалення біомаси	Підтримання заданих температурних режимів	Підтримання вологості субстрату	Рівень продуктивності
Лоткові	-	+	+	+	+	-
Багатофункціональні	-	-	-	+	+	+
Ступінчасті	-	+	+	+	-	+
Шнекові	-	+	+	+	-	-
Комбіновані	+	-	+	+	+	-
Лопатеві	+	+	+	+	+	+

Висновок. Аналіз існуючих конструкцій реакторів для твердофазної ферментації показав, що при розробці реактора потрібно враховувати різні механічні властивості субстрату (вологість, густина, однорідність субстрату) та його підготовку до зброджування, при цьому необхідно забезпечувати ефективне перемішування, якісне завантаження та видалення біомаси, безперервність процесу, стерильні умови упродовж процесу ферментації та підтримання заданих температурних режимів та вологості субстрату. Також необхідно відмітити, що в найбільшій мірі задовольняють вимоги твердофазного зброджування горизонтальні циліндричні реактори з лопатками для перемішування.

Список літератури

1. <http://www.findpatent.ru/patent/223/2235767.html>
2. Свистунов А. И. Классификация способов ферментации и ферментеров / А. И. Свистунов // Вестник НГИЭИ (серия технические науки). – 2013. – Вип. 10 (29). – С. 109–114.
3. Патент на корисну модель 47949 Україна. МПК (2009) С 02 F 101/30, С02F 11/04, С02F 3/00. Ферментер / В. О. Кузьменко, С. В. Головченко, В. О. Єрмоленко (Україна). – Заявка № u200910446 ; Заявлено 15.10.09 ; Опубл. 25.02.10.
4. Патент на корисну модель 21546 Україна. МПК (2006) С02F 11/04. Біогазовий реактор / Г. С. Ратушняк, В. В. Дженджула (Україна). – Заявка № u200610904 ; Заявлено 16.10.06 ; Опубл. 15.03.07.

5. *Патент* на корисну модель 34016 Україна. МПК (2006) C02F 11/04. Біогазовий реактор / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна, В. В. Дженджула (Україна). – Заявка № u200801976 ; Заявлено 18.02.08 ; Опубл. 25.07.2008.
6. *Патент* на корисну модель 48079 Україна. МПК (2009) C02F 11/04, C02F 3/28. Установка для зброджування твердих та рідких органічних відходів з одержанням біогазу та добрива / Г. Є. Мовсесов, О. О. Ляшенко, Т. В. Сюркалова (Україна). – Заявка № u200908171 ; Заявлено 03.08.09; Опубл. 10.03.2010.
7. *Патент* на изобретение 2253631 Росия. Способ последовательного пофазного анаэробного сбраживания измельченных твердых органических отходов и метантенки для его осуществления / Т. Я. Андрюхин (Россия). – Дата начала действия патента: 2003.12.11.
8. *Терещенко Є. Є.* Дослідження процесу біосинтезу метану з харчових відходів [Електронний ресурс] / Є. Є. Терещенко. – 9 с. – Режим доступу до журн.: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/19095>.
9. <http://blogs.korrespondent.net/blog/users/3332250-kharchi-v-smitnyk>.
10. <http://www.biteco-energy.com/vyhod-biogaza-iz-razlichnogo-syrya-2>.

Аннотация. В работе приведен анализ конструкций реакторов для переработки твердых органических отходов в биогаз и биоудобрение с указанием их конструкционных преимуществ и недостатков.

Ключевые слова: реактор, твердофазная ферментация, биогаз, биоудобрение

Annotation. The analysis of reactor designs for processing solid organic waste into biogas and biofertilizer with their structural strengths and weaknesses is presented in work.

Key words: reactor, solid fermentation, biogas, biofertilizer

УДК 631.001.04

MODEL OF PARAMETRIC SYNTHESIS REHABILITATION AGRICULTURAL MACHINES

Ivan L. Rogovskii, Valentyna I. Melnyk

Annotation. The paper gives an overview of techniques that are considered agricultural machinery as a whole – indivisible object and a complex structure of interacting units, as well as methods for determining the need for spare parts to specific technical means. The analysis of possible options for health system recovery architecture. Formation of the procedure of administrative decisions is a cyclic process of interaction and involves problem analysis and formulation phase,

© Ivan L. Rogovskii, Valentyna I. Melnyk, 2016