

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ПОВЕРХНІ ТЕПЛООБМІННИКІВ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Показані результати застосування експериментально-розрахункового методу для визначення площі поверхні теплообміну утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, біогаз, теплообмінник, інтенсивність тепловіддачі.

Abstract

The results of the application of the experimental and calculation method for determining the surface area of the heat exchanger of the waste substrate heat exchanger are shown.

Key words: renewable energy sources, biogas, heat exchanger, intensity of heat transfer.

Вступ

Світовий розвиток суспільства характеризується зростанням споживання енергоносіїв, що обумовлює пошук нових джерел енергії, а також впровадження відновлюваних джерел енергії. Водночас переробка продуктів виробництва та використання відновлюваних джерел енергії закладені в концепцію сталого розвитку суспільства. Однією з перспективних складових відновлювальної енергетики України є біоенергетика, яка дає можливість перетворити енергію біомаси на теплову та електричну енергію і забезпечує замкнутий цикл виробництва [1-3]. В Україні на сьогодні використовується лише 10% потенціалу біомаси доступної для виробництва енергії загалом у вигляді дров, гранул, брикетів, лушпиння соняшника. Загальний потенціал біомаси становить більше 27 млн. т у.п./рік, а основними складовими є первинні агровідходи: солома, відходи виробництва кукурудзи на зерно і соняшника та енергетичні культури [3–6]. Одним з найдоцільніших способів переробки органічних відходів залишається анаеробне зброджування з виробленням біогазу [7, 8]. Ключовими робочими параметрами біогазових реакторів є температура, рН і ефективність перемішування. Для підтримання температурних режимів в біореакторі (термотолерантний 39...42°C, термофільний 52...54 °C) витрачається значна кількість енергії на власні потреби установки. Термостабілізація реактора та утилізація теплоти вихідної сировини забезпечується теплообмінним обладнанням. Конструктивні розрахунки теплообмінників для систем біоконверсії, переробної і харчової промисловості потребують нових підходів до визначення інтенсивності теплообміну в багатокомпонентних середовищах. Авторами [9, 10] запропоновано експериментально-розрахунковий метод визначення інтенсивності теплообміну в багатокомпонентних середовищах.

Мета роботи – застосувати експериментально-розрахунковий метод визначення інтенсивності теплообміну для розрахунку площі поверхні теплообмінника-утилізатора відпрацьованого субстрату біогазової установки.

Основна частина

Об'єктом дослідження є біогазова установка для тваринницького комплексу з поголів'ям 2000 свиней. Розрахунками встановлено, що необхідний об'єм біореактора для такого комплексу – 1000 м³. Режим роботи біореактора – термофільний. В теплообміннику субстрат, що вивантажується з реактора поступає в спіральний теплообмінник і нагріває субстрат, який поступає на завантаження. Використання утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату дозволить збільшити вихід товарного біогазу до 20 %.

З використанням експериментально-розрахункового методу розроблена математична модель розрахунку спірального теплообмінника-утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату.

Математична модель реалізована в середовищі MathCad і призначена для визначення площі поверхні теплообмінника-утилізатора. Модель є нелінійною, структурною, детермінованою, відносно розмірності простору – одновимірною, відносно часу моделювання – статичною, відносно зміни параметрів – дискретною. Система з 15 лінійних рівнянь розв’язується алгоритмічним методом, а кінцевим результатом є визначення основних конструктивних характеристик теплообмінника.

Особливістю розрахунку утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату є визначення коефіцієнта тепловіддачі від субстрату до стінки теплообмінника. Теплофізичні властивості субстратів не наведені в довідникових даних, а критеріальні рівняння в їх класичному вигляді непридатні для розрахунку інтенсивності теплообміну. Тому математична модель містить блок з ЕРМ для визначення коефіцієнтів тепловіддачі з обох сторін стінки теплообмінника. Початковими даними для розрахунку є: температура відпрацьованого субстрату на вході в теплообмінник; температура субстрату, що завантажуються в теплообмінник у теплий та холодний періоди року; температура субстрату, що завантажуються на виході з теплообмінника; ширина і висота каналу теплообмінника; витрата субстрату на теплообмінник в разі безперервної дії апарату; коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки; товщина стінки; початковий радіус спіралі теплообмінника. Кінцевими результатами є: температура субстрату, що вивантажується на виході з апарату; коефіцієнт теплопередачі; площа поверхні теплообміну; довжина спіралі теплообмінника; діаметр корпусу апарату. Розрахунками встановлено, що коефіцієнти тепловіддачі від стінки до субстрату змінюються від 210 до 360 Вт/(м²К) в діапазоні швидкостей теплоносіїв в теплообміннику 0,6...1,2 м/с, а площа поверхні теплообмінника утилізатора змінюється від 55 до 140 м².

Висновки

Утилізація теплоти відпрацьованого субстрату в системах біоконверсії дозволяє збільшити вихід товарного біогазу до 20 %.

З використанням експериментально-розрахункового методу запропонована математична модель для визначення площі поверхні теплообміну спірального теплообмінника-утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату. Встановлено, що зі зміною швидкості від 0,6 м/с до 1,2 м/с площа поверхні змінюється від 55 м² до 140 м².

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналіз соціальної та енерго- і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології Вісник ВПІ, 2020. №2 С. 34-41.
2. 6 екологічних ефектів від реалізації біогазових проєктів. URL: <https://ecolog-ua.com/news/6-ekologichnyh-efektiv-realizaciyi-biogazovih-proyektiv>
3. Біоенергетична асоціація України URL: <https://uabio.org/>
4. Підготовка та впровадження проєктів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник/за ред. Г. Гелетухи. Київ: «Поліграф плюс», 2015. 72 с.
5. Проєкт USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні». URL : https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD9R.pdf
6. Вплив використання біомаси на зміну клімату. URL: <https://uspp.ua/assets/doc/uspp-biomass.pdf>
7. Сфера використання біогазу в Україні: перспективи і реальність. URL: <https://energytransition.in.ua/sfera-biohazu-v-ukraini-velyki-perspektyvy-ta-real-nist/>
8. Біометан – найближча енергетична альтернатива повоєнної України. URL: <https://e-b.com.ua/biometan-naiblizca-energeticna-alternativa-povojennoyi-ukrayini-5281>
9. Ткаченко С.Й. Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів: монографія / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна. Вінниця : ВНТУ, 2017. 124 с.
10. Ткаченко С. Й. Теплообмін в системах біоконверсії / С. Й. Ткаченко, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 124 с.

Наталія Володимирівна Резидент – канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: rezidentnv1@ukr.net

Дмитро Романович Шуришин – магістрант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, e-mail: dima.rubanov.199730@gmail.com

Natalia Rezydent – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: rezidentnv1@ukr.net

Dmytro Shchuryshyn – master's student of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: dima.rubanov.199730@gmail.com