

ТИПИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКУПЕРАТИВНИХ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Скляр О. Г., к.т.н.,

Тат'яненко В.О., здобувач СВО «Магістр»

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.*

Стратегічні напрями розвитку енергетики в Україні передбачають широке використання нетрадиційних джерел енергії, у тому числі й енергії органічної біомаси (гній, послід, вичавки сільськогосподарських продуктів, відходи полеводства та ін.).

З проблемою утилізації відходів тісно змикається інша, яка все більше загострюється, охорона навколишнього середовища. Вона також потребує інтенсивної та раціональної переробки відходів тваринництва. Концентрація птахівництва та тваринництва, як відомо, пов'язана із проблемою утилізації відходів ферм [1]. Сучасна біотехнологія передбачає будь-які перетворення субстрату на кормовий продукт і навпаки. Доцільність здійснення таких процесів визначають головним чином санітарно-епідеміологічні та меншою мірою технічні фактори.

Останні роки розроблено та поступово впроваджуються в господарствах біологічні реактори нового покоління. Прискорення процесу біохімічних перетворень досягається в них за рахунок інтенсивного відведення газоподібних продуктів при зниженому тиску та зворотно-поступального перемішування біомаси. Але їх випробування показали, що продуктивність біогазових установок перебуває у функціональній залежності від температури процесу. Щоб отримати необхідну для процесу зброджування температуру та підтримувати її на постійному рівні, слід передусім підігрівати до потрібної температури біомасу, що подається в камеру.

У біогазовій установці з «класичною» схемою енергопостачання витрати товарного біогазу на власні потреби сягають 80-90%, а іноді навіть 100%. При цьому на підігрів свіжих порцій маси витрачається 80-90% енергії від загальних витрат [2,3].

Проведені вченими дослідження фізико-механічних властивостей гною показують, що специфічні особливості оброблюваної маси при вологості 93% зумовлюють неньютоновський характер його течії у поєднанні з великими значеннями в'язкості. Структура гною та таксонометрична залежність, що пред'являється, між різними видами мікроорганізмів обмежує застосування різних типів рекуператорів і конструкцій біореакторів, а також методів перемішування та

підвищених швидкостей руху гною при анаеробному зброджуванні.

Деякі автори вважають, що механічне перемішування біомаси, що зброджується, негативно впливає на нормальне культивування метанових бактерій. Аналогічний вплив має наявність кисню у вихідній біомасі, що змішується зі зброджуваною, по всьому об'єму реактора, тому що при цьому починає виявлятися його інгібуюча дія [2].

Ці особливості процесу слід враховувати при підборі теплообмінників-утилізаторів теплоти переробленої біомаси. Найбільшого застосування у сільському господарстві та у хімічній технології отримали кожухотрубні теплообмінники. Апарати такого типу мають переваги у питомій поверхні теплообміну (поверхня теплообміну на одиницю об'єму), яка дорівнює $10 \dots 40 \text{ м}^2/\text{м}^3$ [4].

Однак застосування їх з метою зниження теплових втрат у біогазовій установці зменшує надійність установки, ускладнює її виготовлення. Факторами, що обмежують застосування кожухотрубних теплообмінників, є підвищена в'язкість гною та труднощі очищення міжтрубного простору.

Занурювальні теплообмінники, які зазвичай виконуються у вигляді змієвиків, застосовуються для нагрівання та випаровування рідин. Теплообмінники такого типу прості за виконанням і характеризуються можливістю виготовлення з будь-якого корозійностійкого матеріалу. При їх експлуатації утруднено очищення труб, коефіцієнт теплопередачі у цих теплообмінників порівняно низький. Зважаючи на великий опір змієвиків швидкість рідин у них приймають $0,3 \dots 0,8 \text{ м/с}$.

Теплообмінники «труба в трубі» застосовуються лише при невеликих об'ємних витратах теплоносія та невеликих поверхнях теплообміну. Завдяки невеликому поперечному перерізу труб у цих теплообмінниках досяжні високі швидкості теплоносіїв (для рідин $1 \dots 1,5 \text{ м/с}$). Однак вони дуже громіздкі, утруднене очищення міжтрубного простору, поверхня теплообміну на одиницю об'єму складає лише від 4 до $15 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Відносна витрата металу на одиницю теплоти, що передається, дорівнює від 1,5 до 4,5.

Зрошувальні теплообмінники, що складаються з прямих, розташованих один над одним горизонтальних труб, зрошуваних зовні теплоносієм, використовують як холодильники і конденсатори. кородуючих теплоносіїв (кислоти, тощо). Вони прості за конструкцією, легкодоступні для зовнішнього огляду; коефіцієнт теплопередачі у них більший, ніж у змієвиків. Однак за нестачі теплоносія нижні труби залишаються незмоченими і майже не беруть участь у теплообміні. Неможливо здійснити чисту протитечію.

Застосування типових теплообмінників для утилізації теплоти гною, який перероблено в біогазовій установці має такі складності:

- 1) утруднена їх експлуатація через неньютоновський характер

рідин;

2) потрібно автономне обладнання, що перекачує;

3) технологічно обмежений час завантаження метантенка визначає великі обсяги теплообмінних апаратів. Останнє призводить до тривалого знаходження гною в цих апаратах і як слідство - до великих амортизаційних витрат, що суттєво знижує ефективність їх застосування. Для зменшення габаритів рекуператора необхідно максимально інтенсифікувати процес теплообміну - у межах, що допускаються технологічним режимом зброджування. В силу вищенаведених специфічних властивостей гною (висока в'язкість, схильність до адгезії) теплообмінну поверхню рекуператора у біогазових установках слід виконувати гладкою.

Необхідною умовою інтенсивного перебігу метанового зброджування є також вільний обмін речовин на поверхнях розділу фаз (шарів), які повинні періодично переміщатися в метантенке в режимі ідеального витіснення за рахунок перепаду тиску біогазу (без переміщування шарів біомаси між собою) [4]. При цьому у метанті створюються різні зони, для кожної з яких є свого роду адаптована метаногенна асоціація. Ці умови повинні враховуватись при конструктивному оформленні процесу рекуперації теплоти зброженої біомаси.

Отож, основними напрямками вдосконалення біогазової установки в плані підвищення її енергетичної ефективності є:

- рекуперація скидної теплоти переробленої біомаси;

- підвищення інтенсивності процесів зброджування та теплообміну в рекуператорі.

Список використаних джерел

1. Григоренко С. М. Конверсії вторинної сировини в повноцінну продукцію сільського господарства. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 284–290.

2. Скляр Р.В., Скляр О.Г. Аналіз роботи біогазових установок. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник*. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 132–138.

3. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Формування витрат енергоносіїв на виробництво тваринницької продукції. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1.

4. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С. Огляд методів дослідження та оптимізації машинних технологій утилізації відходів тваринництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 13, том 2. №9. DOI: 10.31388/2220-8674-2023-2-9.