

УДК 631.371

## АНАЛІЗ ТА НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛООБМІННИКІВ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Скляр Р.В., к.т.н., доцент Акулов В.Д., аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра  
Моторного*

У даний час у світовій практиці для утилізації гною та інших органічних відходів отримали широке розповсюдження біогазові установки. Ці установки обробляють гній та гнойові стоки в анаеробних умовах, а продуктами їх переробки є біологічний газ та високоякісні органічні добрива. Під час зброджування в гної розвивається мікрофлора, яка послідовно руйнує органічні речовини до кислот, а останні під дією синтрофних бактерій і метанотвірних перетворюються на газоподібні продукти - метан і вуглекислоту. Одночасно при зброджуванні гною забезпечується його дезодорація, дегельмінтизація, переклад добрив речовин, у легкозасвоювану рослинами форму [1].

Однак, незважаючи на позитивні ефекти анаеробної обробки гною в біогазових реакторах, серйозним гальмом їх впровадження в сільське господарство України є їх відносно низька енергетична ефективність при виробництві біогазу (до 60% біогазу, що виділився, використовується установкою для потреб).

Анаеробне зброджування субстрату вологістю 90-95 % – енергоємний процес, на проведення якого витрачається значна кількість енергії біогазу. Аналіз витрат енергії на підтримку процесу показує, що її основна частина витрачається на нагрівання субстрату до температури зброджування [2].

Методи підвищення енергоефективності систем генерації енергії на основі анаеробної обробки відходів тваринництва [2,3]: добавка до оброблених відходів високоенергетичних субстратів (зерно, силос, конюшина суміш і т.п.); пряма рекуперация теплової енергії (субстрат/ефлюент); застосування ефективних теплообмінників.

В біогазових установках використовують різні типи теплообмінників для ефективного відведення теплоти або нагріву різних рідких і газоподібних середовищ. Ось деякі конструкції теплообмінників, які використовуються в біогазових установках [4,5]:

1. Трубчасті теплообмінники – це одна з найпоширеніших конструкцій теплообмінників. Вони складаються з труб, які проходять по об'єму ферментера біогазової установки. Гарячий газ або рідина циркулює через труби, а прохолодний газ або рідина оточує їх зовні. Тепло передається через стінки труб, підвищуючи температуру оточуючого середовища.

2. Пластинчасті теплообмінники - складаються з пластинок, які мають спеціальні ребра або канавки для збільшення поверхні контакту. Рідини або гази циркулюють через вузькі проміжки між пластинками, де відбувається теплообмін. Пластинчасті теплообмінники мають великий коефіцієнт теплообміну і можуть бути компактними.

3. Кожухотрубчасті теплообмінники - складаються з великих труб (кожухів), в яких розташовані менші труби (трубки). Гаряча рідина або газ циркулює через трубки, а прохолодний середовище – навколо зовнішнього кожуха. Тепло передається через стінки трубок.

4. Пластинчасті теплообмінники з кількома перегородками (мультипластинчасті теплообмінники) - ця конструкція використовує кілька пластинчастих блоків для створення багатошарового теплообмінника. Вона забезпечує більший коефіцієнт теплообміну і підвищує продуктивність.

5. Спіральні теплообмінники - мають спіральну конструкцію з двома рідкими потоками, які перетинаються. Така конструкція забезпечує ефективний теплообмін і може бути корисною для об'єктів з обмеженим простором.

У біогазових установках найбільш широко використовуються трубчасті теплообмінники та пластинчасті теплообмінники з кількома перегородками (мультипластинчасті теплообмінники) [4]. Переваги їх використання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Переваги використання теплообмінників

Тип теплообмінника	Показник ефективності використання	Пояснення
Трубчасті теплообмінники	Простота конструкції	Вони складаються з труб, які можна легко встановити і обслуговувати
	Ефективний теплообмін	Труби мають велику поверхню для контакту з рідинами або газами, що забезпечує ефективний теплообмін
	Варіабельність	Можна вибирати різні матеріали труб для відповідності конкретним умовам
Пластинчасті теплообмінники з кількома перегородками (мультипластинчасті теплообмінники)	Високий коефіцієнт теплообміну	Завдяки багатошаровій конструкції та спеціальним ребрам або канавкам на пластинках, мультипластинчасті теплообмінники мають високий коефіцієнт теплообміну
	Компактність	Вони можуть бути дуже компактними, що важливо для біогазових установок з обмеженим простором
	Можливість регулювання	Мультипластинчасті теплообмінники можуть бути легко адаптовані до різних обсягів теплового навантаження

Розглянуті конструкції теплообмінників (див. таблицю 1) ефективно виконують завдання теплообміну в біогазових установках, і їхні переваги полягають у комбінації ефективності та легкості в експлуатації.

Удосконалення теплообмінників, особливо в біогазових установках, може бути спрямоване на збільшення їхньої продуктивності, надійності та ефективності. Напрями удосконалення таких теплообмінників:

1. Розробка і використання нових матеріалів, які мають високу теплопровідність і витривалість до корозії, може покращити ефективність теплообмінників.

2. Зміна форми і розміру теплообмінника може сприяти збільшенню обміну тепла. Використання спеціальних ребер або канавок на пластинках в пластинчастих теплообмінниках може покращити теплообмін.

3. Удосконалення систем регулювання потоків рідин і газів через теплообмінник дозволяє оптимізувати теплообмін під час зміни умов.

4. Додавання ефективної теплоізоляції може запобігти втратам тепла і підвищити продуктивність теплообмінника.

5. Впровадження системи автоматизації і моніторингу може допомогти вчасно виявляти проблеми в роботі теплообмінника і підтримувати оптимальні умови.

6. Використання комбінованих систем, де кілька теплообмінників різних типів (трубчасті, пластинчасті, тощо) працюють разом, може покращити продуктивність теплообміну.

7. Оптимізація споживаної енергії для роботи теплообмінника та використання ефективних насосів і вентиляторів може допомогти зменшити витрати енергії.

8. Системи моніторингу можуть вчасно виявляти корозію і знос теплообмінника, дозволяючи проводити регулярну обслуговуючу діяльність.

*Висновки.* Вибір конкретної конструкції теплообмінника залежить від потреб та умов біогазової установки, включаючи обсяги теплового навантаження, види робочих середовищ, доступний обсяг місця та інші фактори. Запропоновані в статті удосконалення теплообмінників важливі для підвищення продуктивності та надійності біогазових установок та зменшення витрат енергії.

### **Список літератури:**

1. Григоренко С. М. Адаптивні методи утилізації відходів птахівництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1.

2. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз енергетичної ефективності метантенка. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2015. Вип. 15. Т.2. С. 316- 322.

3. Skliar O., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *Motrol: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Vol. 16, No 2. P. 183-188.

4. Скляр О.Г., Скляр Р. В. Методи інтенсифікації процесів метанового зброджування. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь, 2014. Вип.4. Т.1. С. 3-9: сайт. URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf4t1/3.pdf>

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