

ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОБОТУ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Скляр Р.В., к.т.н.,

Акулов В.Д., аспірант

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

Анотація. У статті проаналізовано основні енергозберігаючі технології, що застосовуються в біогазових установках для переробки органічних відходів. Наведено кількісні орієнтири енергозаощадження для ключових рішень (рекуперація тепла, оптимізоване перемішування, енергоефективні газоочищення, цифровий контроль) та запропоновано пріоритети впровадження для різних типів господарств.

Основна частина. Сучасний розвиток агропромислового комплексу вимагає переходу до інноваційних методів управління органічними відходами та впровадження технологій, які забезпечують енергетичну ефективність і екологічну сталість. Біогазові установки, що здійснюють анаеробну переробку гною, птишиного посліду, пожнивних решток та інших органічних субстратів, стають фундаментальним елементом циркулярної біоекономіки [1]. З огляду на зростання вартості енергоресурсів, необхідність скорочення викидів парникових газів та прагнення аграрних підприємств до енергонезалежності, впровадження енергозберігаючих рішень у біогазові комплекси є одним із ключових напрямів технологічного розвитку.

Органічні відходи аграрного походження становлять значний потенціал для виробництва біогазу, проте їх фізико-хімічні властивості, зокрема висока вологість, низька буферність або підвищена концентрація інгібуючих речовин, вимагають раціонального використання енергетичних ресурсів під час їхньої підготовки та ферментації. Базові статті енергоспоживання біогазового комплексу включають перемішування субстрату, підігрів реактора, транспортування відходів, перекачування ферментованої маси та роботу газоочисних систем [2]. Частка власного енергоспоживання біогазової станції може коливатись у межах 10–28% від виробленої електроенергії, що безпосередньо впливає на економічну ефективність об'єкта. Саме тому оптимізація енергетичних процесів стає ключовим предметом інженерних досліджень.

Одним із найбільш перспективних напрямів підвищення енергоефективності є впровадження систем рекуперації тепла. Більшість біогазових реакторів працюють у мезофільному режимі, що потребує стабільного підтримання температури 37–40 °С. Теплові втрати можуть бути суттєвими, особливо взимку, а їх компенсація потребує значних енергоресурсів. Інноваційні рішення передбачають використання теплообмінників для передачі тепла від дигестату, вихідного біогазу або газогенератора назад у реактор [3]. Такі системи дають змогу зменшити витрати теплової енергії на 30–45%, а в деяких випадках - забезпечити майже повну автономність підігріву за рахунок вторинних потоків.

Другим критично важливим аспектом є оптимізація процесів перемішування субстрату. Неефективне перемішування не лише збільшує споживання електроенергії, але й знижує якість ферментації, провокуючи утворення кірки та осаду. Дослідження доводять, що впровадження частотно-регульованих міксерів, перемішування за графіком, а також інтеграція гідравлічних або газових змішувачів дає змогу скоротити енергоспоживання на 20–35% при збереженні або підвищенні газопродуктивності [2,3]. Застосування алгоритмів адаптивного керування, що враховують реологічні властивості субстрату, концентрацію сухих речовин і температуру, забезпечує стабільну роботу реактора та мінімізує додаткові витрати електроенергії.

Перспективним напрямом енергозбереження є попереднє підвищення біодоступності органічної речовини без значних енерговитрат. Використання біокаталітичних препаратів, мікробних консорціумів і ферментних композицій дає змогу покращити гідроліз субстратів та скоротити час ферментації на 10–20%. До енергозберігаючих методів належать і фізико-механічні способи попереднього подрібнення відходів, зокрема низькоенергетичне дезінтегрування, кавітаційна обробка або гомогенізація, які зменшують витрати на підігрів і підвищують вихід біогазу при менших інвестиціях у внутрішнє обладнання [4].

Істотним чинником впливу на енергетичну ефективність є модернізація газоочисних систем. Традиційні методи очищення біогазу від H_2S , CO_2 та аміаку потребують значних ресурсів на регенерацію сорбентів або примусову вентиляцію. Перспективні технології біодесульфуризації та мембранної сепарації демонструють суттєво нижче енергоспоживання та високу стабільність роботи. Їх впровадження забезпечує не лише скорочення експлуатаційних витрат, а й покращення якості біогазу для подальшої когенерації або переробки в біометан.

Перехід до цифрових технологій управління є невід’ємним чинником енергозбереження. Впровадження SCADA-систем, цифрових датчиків моніторингу, автоматизованого контролю

температури та перемішування дозволяє підтримувати роботу реактора в оптимальному режимі, попереджувати енергетичні піки та знижувати навантаження на обладнання [5].

Перспективи подальшого розвитку енергозберігаючих технологій у біогазових установках ґрунтуються на інтеграції сучасних інженерних рішень, підвищенні рівня автоматизації та переході до більш ефективних систем переробки відходів. Український біогазовий сектор має вагомий потенціал для впровадження таких технологій, оскільки більшість наявних об'єктів потребують модернізації. У середньостроковій перспективі очікується поширення малих модульних біогазових установок з низьким власним енергоспоживанням, а також активне впровадження біометанових технологій, які потребують високоефективного очищення біогазу. У довгостроковому контексті енергозбереження стане ключовим критерієм проєктування нових біогазових комплексів, що відповідає вимогам циркулярної економіки та європейським екологічним стандартам.

Висновки. Таким чином, впровадження енергозберігаючих технологій у біогазові установки є не лише технічно доцільним, але й стратегічно важливим для розвитку аграрної енергетики. Ефективне управління власним енергоспоживанням, скорочення теплових та електричних втрат, модернізація внутрішніх технологічних процесів і впровадження цифрових систем контролю забезпечують значне підвищення продуктивності та економічної вигоди біогазових комплексів. У перспективі це створить основу для децентралізованої та екологічно збалансованої енергетичної інфраструктури, що сприятиме сталому розвитку агропромислового сектору України.

Список використаних джерел.

1. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Формування витрат енергоносіїв на виробництво тваринницької продукції. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2021. Вип. 11, том 1.
2. Скляр Р.В., Акулов В.Д. Щодо питання енергозбереження в біогазових установках. *Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві*: XI Міжнародна науково-технічна конференція. Глеваха-Київ. 2023. С. 181 – 183.
3. Акулов В. Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ*. 2024. Вип. 24, т. 2. С. 27-36. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-3>.
4. Болтянський Б.В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ*. 2024. Вип. 24, т. 1. С. 89-100. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-1-6>.
5. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104–114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.