

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ МОЛОКОПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У тезах розглянута проблема підвищення економічної, енергетичної та екологічної ефективності парової промислової котельні молокопереробного підприємства. Виявлено, що утилізація відходів підприємства за допомогою біогазової технології дозволяє вирішити комплекс енергетичних, економічних та екологічних проблем. В роботі розглянуті варіанти утилізації виробленого з відходів біогазу шляхом спалювання в парових котлах або в когенераційній установці. Оцінена ефективність обох варіантів на основі техніко-економічних розрахунків. Підтверджена енергетична, економічна та екологічна ефективність впровадження біогазової технології утилізації відходів молокопереробного підприємства.

Ключові слова: енергоефективність, парова котельня, біогаз, когенераційна установка, викиди парникових газів

Abstract

The theses consider the problem of increasing the economic, energy and environmental efficiency of the industrial steam boiler house of a dairy processing enterprise. It was found that the utilization of enterprise waste using biogas technology allows solving a complex of energy, economic and environmental problems.

The paper considers options for utilizing biogas produced from waste by burning it in steam boilers or in a cogeneration plant. The effectiveness of both options is assessed based on technical and economic calculations.

The energy, economic and environmental efficiency of implementing biogas technology for waste utilization at a dairy processing enterprise has been confirmed.

Keywords: energy efficiency, steam boiler house, biogas, cogeneration plant, greenhouse gas emissions

Вступ. Постановка задачі

Одною з найбільш болючих проблем молокопереробних підприємств є наявність відходів з високою органічною забрудненістю, значним вмістом жирів, білків і вуглеводів, що формує високе біологічне навантаження на очисні споруди й створює ризики забруднення водних ресурсів. Умови сучасного виробництва та підвищені екологічні вимоги зумовлюють необхідність впровадження більш ефективних та екологічно безпечних методів утилізації таких відходів. Одним із найбільш перспективних напрямів є використання біогазових технологій анаеробної переробки [1].

По-перше, анаеробне зброджування органічних стоків молочних заводів дозволяє суттєво зменшити обсяг забруднювальних речовин, знижуючи хімічне та біологічне споживання кисню (ХСК і БСК) у 5–10 разів [2, 3].

По-друге, біогазові установки дають можливість перетворювати відходи на цінний енергетичний ресурс – біогаз, який може бути використаний для виробництва теплової та/або електричної енергії. Це підвищує енергетичну автономність підприємства, зменшує залежність від традиційних енергоносіїв та дозволяє скоротити експлуатаційні витрати, що особливо актуально в умовах енергетичної нестабільності.

По-третє, побічний продукт процесу — дигестат — може використовуватися як добриво, зберігаючи основні поживні речовини (азот, фосфор, калій) у доступній для рослин формі. Це сприяє розвитку циркулярної економіки та дозволяє підприємству мінімізувати обсяг твердих відходів.

По-четверте, реалізація біогазових технологій зменшує викиди парникових газів, передусім метану, який у разі неконтрольного розкладання потрапляє в атмосферу [4, 5].

Вироблений з відходів молочного виробництва біогаз може бути використаний за різними напрямками [6, 7]:

- спалювання біогазу в котлах для виробництва пари або гарячої води для технологічних потреб (підігрів води для мийки, гарячого водопостачання, опалювання адміністративних приміщень тощо);

- когенерація (спільне виробництво електроенергії та теплоти) за допомогою газопоршневих установок, причому електроенергію можна направляти на потреби виробництва (холодильні компресори, пастеризаційне обладнання, насоси, освітлення), а теплоту – на підігрів технологічних середовищ або підтримку температури біореактора;

- тригенерація (електроенергія + теплота + холод) за допомогою газопоршневих установок та абсорбційних холодильних машин;

- очистка біогазу до біометану і використання його як палива для автотранспорту підприємства або закачування у газову мережу;

- комбіновані енергетичні схеми

Таким чином, мета даної роботи полягає в оцінці енергетичної, економічної та екологічної ефективності впровадження біогазової технології утилізації відходів молокопереробного підприємства.

Результати досліджень

Задача впровадження розглядається для молокопереробного підприємства, що має відходи виробництва (сироватку) в кількості 102 т/добу. Для потреб підприємства працює парова котельня з двома паровими котлами паровидатністю по 4 т пари на годину. На котельні використовується біля 3 млн. м³ на рік природного газу з теплою згорання 33 МДж/м³.

Орієнтовні розрахунки показують, що анаеробна переробка відходів дозволить отримати біля 1,1 млн. м³ біогазу (з врахуванням власних потреб 15%). Таким чином є можливість замінити 25% природного газу або біля 760 тис. м³. Така економія природного газу дозволить зменшити викиди парникових газів в атмосферу на майже 1,5 тис. т. CO₂.

В даній роботі розглянуті два варіанти утилізації виробленого біогазу: заміщення природного газу в парових котлах; встановлення газопоршневої когенераційної установки різних варіантів потужності.

Оціночні розрахунки показали, що встановлення біогазової установки і утилізація виробленого біогазу в парових котлах дозволить зменшити собівартість теплоти з 1090 до 854 грн/ГДж. Таким чином, капіталовкладення в будівництво біогазової установки і системи подачі біогазу в котли матиме термін окупності 2,2...2,7 роки.

За іншим сценарієм може бути встановлена газопоршнева когенераційна установка електричною потужністю до 360 кВт. Перевагою такого варіанту є можливість покриття власних електричних потреб котельні та відпуск товарної електроенергії для заводу на суму біля 29 млн. грн на рік. Незважаючи на більші капіталовкладення в обладнання (біогазова установка + когенераційна установка) собівартість теплоти та термін окупності дещо зменшуються до 780 грн/ГДж і 2,1...2,5 роки.

Суттєвою перевагою варіанту з когенераційною установкою є підвищення надійності енергопостачання котельні та стабільності її роботи. Підприємство отримує часткову енергонезалежність, гнучкість та стійкість в складних енергетичних умовах.

Отже, впровадження біогазових технологій на молокопереробному підприємстві є актуальним через поєднання екологічних, енергетичних та економічних переваг. Це дозволяє створити комплексну систему поводження з органічними відходами, яка забезпечує зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та одночасно генерує додатковий енергетичний ресурс і економічну вигоду для підприємства.

Висновки

Аналіз стану поводження з відходами молокопереробних підприємств показує, що органічні стоки з високим вмістом жирів, білків та вуглеводів створюють значне екологічне навантаження та потребують ефективних сучасних технологій утилізації. Анаеробна переробка таких відходів є одним з найбільш результативних рішень, оскільки дозволяє одночасно зменшити забруднення навколишнього середовища та отримати корисний енергетичний ресурс.

Розрахунки засвідчили, що при переробці 102 т/добу відходів можливо отримати близько 1,1 млн м³ біогазу на рік, що забезпечує заміщення до 25 % природного газу, що використовується котельнею підприємства. А це дає змогу зменшити викиди парникових газів приблизно на 1,5 тис. т CO₂ на рік.

Розгляд двох сценаріїв енергетичного використання біогазу показав їхню економічну ефективність. У першому варіанті — спалювання біогазу в парових котлах — собівартість теплоти знижується майже на 22%, а термін окупності проекту становить 2,2–2,7 роки. Другий сценарій — встановлення газопоршневої когенераційної установки — забезпечує суттєвішу економічну вигоду завдяки генерації електроенергії та теплоти, зменшенню собівартості енергоресурсів і скороченню терміну окупності до 2,1–2,5 років.

Додатковими перевагами застосування когенерації є підвищення енергонезалежності, стабільності роботи котельні та зниження залежності від коливань цін на природний газ. Таким чином, впровадження біогазових технологій забезпечує підприємству комплексний ефект — екологічний, економічний та енергетичний.

Отже, результати дослідження підтверджують, що впровадження біогазового комплексу на молокопереробному підприємстві є доцільним та ефективним кроком, який дозволяє досягти комплексного енергетичного, економічного та екологічного ефекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч./ С.О.Кудря. К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 492 с.
2. Ramsuroop J., et al. A review of biological processes for dairy wastewater treatment // Water. - 2024. - Vol. 16, №4. - P. 537. - Електронний ресурс. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/4/537>. (дата звернення: 18.11.2025).
3. Udourioh G.A. A review of the valorization of dairy industry wastes: biogas, biofertilizers, biopolymers // Korean J. Food Sci. Anim. Resour. - 2025. - Vol. 45, №2. - P. 375–380 - Електронний ресурс. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11907414> (дата звернення: 18.11.2025)
4. Фурман І., Ксенчин Д. Управління виробництвом біогазу з відходів: стан в Україні (аналітичний огляд) // Economy and Society. - 2024. - Електронний ресурс (PDF). URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/3398/3325> (дата звернення: 18.11.2025)
5. Arzinger / UABIO. Біогаз: виробництво і використання в Україні. Handbook. - 2012. - Електронний ресурс. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2012/11/biogas-arzinger-handbook.pdf> (дата звернення: 18.11.2025).
6. Піщик В. С. Модернізація системи очистки біогазу для підвищення ефективності його використання в когенераційних установках: кваліф. робота / ЦНТУ, 2024. Електронний ресурс. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/items/b83c02be-ba75-45f9-940d-aac7eb50c9a0> (дата звернення: 18.11.2025)
7. Спалювання біогазу різного походження у котлах підприємств // Збірник доповідей. Київ : ІТТФ, 2021. Електронний ресурс. URL: https://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/12/sbornik_2021-obl.pdf (дата звернення: 18.11.2025)

Резидент Наталія Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, ResidentNV@ukr.net

Синчук Олександр Сергійович, студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет

Resident Nataliya, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, ResidentNV@ukr.net

Synchuk Oleksander, Student of the Department of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University