

## ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗУ ТА БІОМЕТАНУ В ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛАХ. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Розглянуто роботу водогрійного котла при номінальному режимі на 2-ох видах палива, таких як деревина та біогаз. Проаналізовано економічний та енергетичний ефект від впровадження біогазової установки та котла на біогазі для молокозаводу. Зроблено висновки про доцільність використання біогазу над іншими видами палива для даного випадку.*

### Ключові слова

*Біогаз, альтернативні види палива, водогрійний котел.*

### Abstract

*The operation of a hot water boiler at nominal mode on 2 types of fuel, such as wood and biogas, is considered. The economic and energy effect of the introduction of a biogas plant and a biogas boiler for a dairy plant is analyzed. Conclusions are made on the feasibility of using biogas over other fuels for this case.*

### Keywords

*Biogas, alternative fuels, hot water boiler.*

### Вступ

В залежності від регіону України, прослідковується значна варіативність джерел отримання біоенергетичних ресурсів. Це можуть бути як торфові родовища, енергетичні культури, так і відходи переробки деревини, харчової промисловості хімічної та ін.

Одночасно зі значною різноманітністю біомаси існує і значна варіативність методів отримання з неї енергії. Можна розділити способи отримання енергії з біомаси на методи першого рівня: пряме спалювання горючих відходів; та методи другого рівня: переробку низькоякісних відходів у біопаливо біль високого потенціалу, наприклад зброджування з отриманням біогазу [1]. Мета роботи полягає у виявленні недоліків і переваг спалювання біогазу у водогрійному котлі.

### Результати досліджень

В багатьох роботах розглянуто потенціал використання біогазу в Україні, а також оцінка впливу біогазових проектів на навколишнє середовище [1-4]. Однозначно в цих роботах заявляється, що введення систем переробки відходів на переробних підприємствах є обов'язковим фактором для успішного розвитку економіки України. Спорудження таких структур як біогазова установка (БГУ) призведе не тільки до економічного ефекту у вигляді здешевлення паливних ресурсів, але і в до комплексного позитивного ефекту – підвищення екологічної ситуації, зменшення витрат на очистку і утилізацію відходів то що.

Авторами [5] розроблена узагальнена функціональна схема біогазової технології. Узагальнена функціональна схема біогазової технології включає всі можливі технологічні процеси та витрати ресурсів для їх здійснення: використання води, теплової енергії, механічної енергії, процеси анаеробного зброджування; також враховуються процеси зволоження, сушки, подрібнення, сепарації, нагрівання, охолодження і термостабілізації; процеси необхідні для постобробки біогазу і відходів: відділення сірководню, вуглекислоти, акумуляування метану, наступне використання біогазу.

В роботах відзначено [3-5], що для різних об'ємів реактора відповідають різні ключові способи його подальшого використання. Так для отримання біометану доцільне для біогазових комплексів з об'ємом реактора понад 9000 м<sup>3</sup>, тригенерація – об'єм установок понад 700 м<sup>3</sup>, когенерація – мінімальний об'єм

біореактора становить 50 м<sup>3</sup>. Використання теплогенераторів з безпосереднім спалюванням в них біогазу може використовуватись для біогазової установки будь-якого типорозміру.

В даній роботі розглянуто застосування біогазу та біометану отриманого з продуктів переробки молока в твердопаливних котлах. Біогаз отримуємо з молочної сироватки. Температуру зброджвання обираємо  $t_{36} = 55$  °С, оскільки сироватка надходить з надлишковою температурою. Надлишкову температуру планується використовувати для термостабілізації реактора та внутрішніх потреб установки. Нам відомі наступні вхідні дані: температура процесу бродиння,  $t_{36} = 55$  °С; вологість сироватки,  $W = 94$  %; зольність сухої органічної сировини,  $A = 18$  %.

Добовий вихід біогазу, м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>·доба)

$$V_b = \frac{B \cdot S}{\tau} \left( 1 - \frac{K}{\tau \cdot \mu_m - 1 + K} \right), \quad (1)$$

де  $B$  – максимальний вихід біогазу, приймаємо 0,43 м<sup>3</sup>/кг [6];

$S$  – концентрація органічних речовин у завантажувальній сировині, кг/м<sup>3</sup>;

$\tau$  – час бродиння, доба.

Максимальна швидкість мікроорганізмів –  $\mu_m$ , (доба<sup>-1</sup>), кінематичний коефіцієнт –  $K$ , визначаємо відповідно до [6, 7].

Для порівняння розглянемо наступні варіанти роботи котла: спалювання деревини і спалювання біогазу.

Розглянемо котел на твердому паливі: відходи деревини, рослинницькі відходи, паровидатність 1 т/год або 0,278 кг/с. Тиск насиченої пари 0,9 МПа. Це параметри найбільш розповсюджених парових котлів на низьких параметрах пари. До встановлення пропонується котел Е-1,0-0,9РЗ (Э), який виготовляється в м. Монастирище (Україна, Черкаська обл.) [8]. Номінальна паровидатність 1 т/год, потужність 700 кВт, робочий тиск 0,8 МПа, паливо спалюється в передтопку з похилою нерухомою колосниковою решіткою і механізованим шнековим подаванням, ККД котла не менше 75%, встановлена електрична потужність котла 6 кВт, маса 4500 кг, габаритні розміри 4600x2200x3000 мм.

За другим варіантом необхідно встановити біогазову установку та обладнати котел пальником для біогазу. Результати аналізу заносимо в таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати варіантного аналізу

№	Показник	Од. виміру	Деревина	Біогаз
1	2	3	4	5
5	Витрата енергії на забезпечення теплового режиму БГУ	ГДж		2,618+0,239= =2,86
6	Корисно використана енергія	ГДж	36,25	49,9
7	Відношення корисно використаної енергії до виробленої в котлі		0,687	0,945
8	Капітальні вкладення в модернізацію котельні	млн.грн	13,5	23,45
9	Річні експлуатаційні витрати	млн.грн	2,9	1,76
10	Кошти від реалізації енергії	млн.грн	3,97	5,46
10	Термін окупності капітальних вкладень		12,6	6,34
11	Кількість заміщеного природного газу	м <sup>3</sup> /рік		

Для розрахунку економічного ефекту від впровадження системи БГУ + котел для спалювання біогазу враховано витрати на спорудження резервуарів для триденного зберігання відходів, сепаратор для розділення фракцій, газгольдер, компресор біогазу і безпосередньо реактор для зброджування. Вартість комплектуючих обрано відповідно до [9].

### Висновки

Отже, за терміном окупності капітальних вкладень доцільніше використовувати встановлення біогазової котельні. Встановлення БГУ вимагає значних капітальних затрат, проте є перспектива в зменшенні витрат на утилізацію відходів, отримуємо практично безкоштовне паливо та в перспективі

реалізуємо високоякісні добрива. Використання біогазу має переваги не тільки в економічному сенсі, шляхом заміщення природного газу, але і як метод покращення екологічної обстановки та використання незадіяних енергетичних джерел, які, нажаль, перебувають зараз у вигляді сміттєзвалищ і займають площу 7% від загальної території України. Заміщення природного газу складає 57268 м<sup>3</sup>/рік, що зменшить техногенне навантаження на навколишнє середовище і зменшує залежність від імпортного газу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. С. Й. Ткаченко Потенціал біогазової технології на Вінниччині / С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, О. В. Власенко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – № 5. – С. 41-48.
2. Г. С. Трипольская, та ін., «Біогазові проекти в Україні: перспективи, наслідки та регуляторна політика», Економіка прогнозування, № 2, с. 111-134, 2018.
3. Г. Г. Гелетуша, Перспективи біогазу в Україні. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2013/07/3/383399/>.
4. «Тваринництво України 2017» Статистичний збірник. Київ, Україна: Державна служба статистики, 2018, 165 с.
5. С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов, і Н. Д. Степанова «Аналіз соціальної та енерго- і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології», *Вісник ВПІ*, вип. 2, с. 34–41, Квіт 2020.
6. Гюнтер Л. И. Метантенки: Монография /Л. И.Гюнтер, Л. Л.Гольдфа.–М.: Стройиздат, 1991. – 129с.
7. Плотность биогаза сточных вод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agrobiogaz.ru/quality.php> (дата звернення: 15.03.2021).
8. ТОВ Монастирищенський котельний завод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mkz.com.ua/> (дата звернення: 15.03.2021)
9. Каталог комплектуючих БГУ, Shenzhen USG Technology Co. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://russian.alibaba.com/product-detail/biogas-purification-technology-diy-biomass-methane-generator-60711999092.html?spm=\\_a2700.8699010.29.1.24802470OSPONS](https://russian.alibaba.com/product-detail/biogas-purification-technology-diy-biomass-methane-generator-60711999092.html?spm=_a2700.8699010.29.1.24802470OSPONS) (дата звернення: 15.03.2021).

Ткаченко Станіслав Йосипович, д.т.н., професор, завідуючий кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: [stahit6937@gmail.com](mailto:stahit6937@gmail.com)

Гишко Андрій Вікторович, студент групи ТЕ-17м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, ВНТУ, Вінниця, e-mail: [te15b.koval@gmail.com](mailto:te15b.koval@gmail.com)

Stanyslav I. Tkachenko, Doctor of Science (Eng), Professor, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [stahit6937@gmail.com](mailto:stahit6937@gmail.com)

Denis Koval — Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [te15b.koval@gmail.com](mailto:te15b.koval@gmail.com)