

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕВЕДЕННЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА ДКВР–20–23 НА СПАЛЮВАННЯ БІОГАЗУ

Вінницький національний технічний університет;

### Анотація

Встановлено актуальність заміщення природного газу біогазом у парогенераторах. Виконано моделювання показників роботи парогенератора за умови спалювання в ньому біогазу та сумішей природного газу та біогазу. Встановлено тенденцію зміни коефіцієнта корисної дії парогенератора, паровидатності, температури відхідних газів за парогенератором, адіабатної температури горіння та витрати палива із збільшенням частки заміщення природного газу біогазом.

**Ключові слова:** природний газ, біогаз, парогенератор, паровидатність, адіабатна температура горіння.

### Abstract

The relevance of replacing natural gas with biogas in steam generators has been established. Modeling of the performance of the steam generator under the condition of burning biogas and mixtures of natural gas and biogas was performed. The trend of changes in the efficiency factor of the steam generator, steam output, temperature of waste gases after the steam generator, adiabatic combustion temperature and fuel consumption with an increase in the proportion of replacement of natural gas with biogas has been established..

**Keywords:** natural gas, biogas, steam generator, steam output, adiabatic combustion temperature.

### Вступ

Одними із важливих показників ефективності підприємств переробної промисловості є ефективність використання енергоресурсів та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище. Одним із основних видів палива на промислових енергоустановках все ще є природний газ. Однією із стратегічних цілей теплоенергетики є питання його заміщення.

Підприємства переробної галузі, в тому числі і цукрові заводи в результаті виробництва продукують значну кількість токсичних відходів, таких, як цукровий жом, тому є нагальна потреба пошуку способу їх утилізації або ефективного використання. Анаеробна ферментація відходів виробництва цукру за сучасних реалій є актуальним варіантом з екологічної, енергетичної та економічної точки зору.

Метою роботи є визначення теплотехнічних характеристик парового котла типу ДКВР паропродуктивністю 20 т/год, що працює на природному газі та оцінювання зміни цих показників при спалюванні біогазу та суміші природного газу та біогазу.

### Основна частина

Біогаз – суміш горючих газів, яка утворюється в результаті анаеробного мікробіологічного процесу і складається з метану, вуглекислого газу (25...45%) і домішок водню, аміаку, сірководню. Співвідношення вказаних газів у складі біогазу залежить від походження біосубстрату. Біогаз в Україні має досить потужний відновлюваний потенціал [1-4].

Беручи до уваги енергетичну ситуацію у країні питання зменшення споживання вичерпних енергоресурсів постає більш гостро, тому розглянемо доцільність та ефективність переведення парогенераторів на спалювання біогазу.

До уваги прийнято наступний склад біогазу на суху масу:  $\text{CH}_4$  - 50,1%;  $\text{CO}_2$  – 45,3%;  $\text{O}_2$  – 1,0%;  $\text{H}_2\text{S}$  – 22 ppm;  $\text{NH}_3$  – 3,6%. Склад природного газу взято на такому рівні:  $\text{CH}_4$  - 98,5%;  $\text{C}_2\text{H}_6$  – 0,2%;  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 0,1%;  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  – 0;  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  – 0;  $\text{N}_2$  – 1%;  $\text{CO}_2$  – 0,2%.

У роботі розглянуто парогенератор ДКВр-20-23-395, який під час роботи на природному газі мав такі робочі параметри: паровидатність  $D = 20$  т/год; температура перегрітої пари  $t_{\text{пп}} = 395$  °С; температура живильної води  $t_{\text{жв}} = 100$  °С; температура холодного повітря  $t_{\text{хп}} = 20$  °С; коефіцієнт надлишку повітря в топці  $\alpha_{\text{т}}' = 1,1$ ; частка безперервної продувки  $p = 5$  %.

Для оцінки ефективності роботи парогенератора на біогазі і сумішах природного газу і біогазу розроблено математичну модель теплового розрахунку парогенератора [5, 6] і проведено числове дослідження показників роботи за умови спалювання в ньому чистого біогазу, чистого природного газу (ПГ) та їх об'ємних сумішей. Результати наведені у рис. 1 та рис. 2 з врахуванням таких горючих сумішей: 100 % природного газу; 80% природного газу + 20 % біогазу; 60% природного газу + 40 % біогазу; 50% природного газу + 50 % біогазу; 40% природного газу + 60 % біогазу; 20% природного газу + 80 % біогазу; 100 % біогазу.

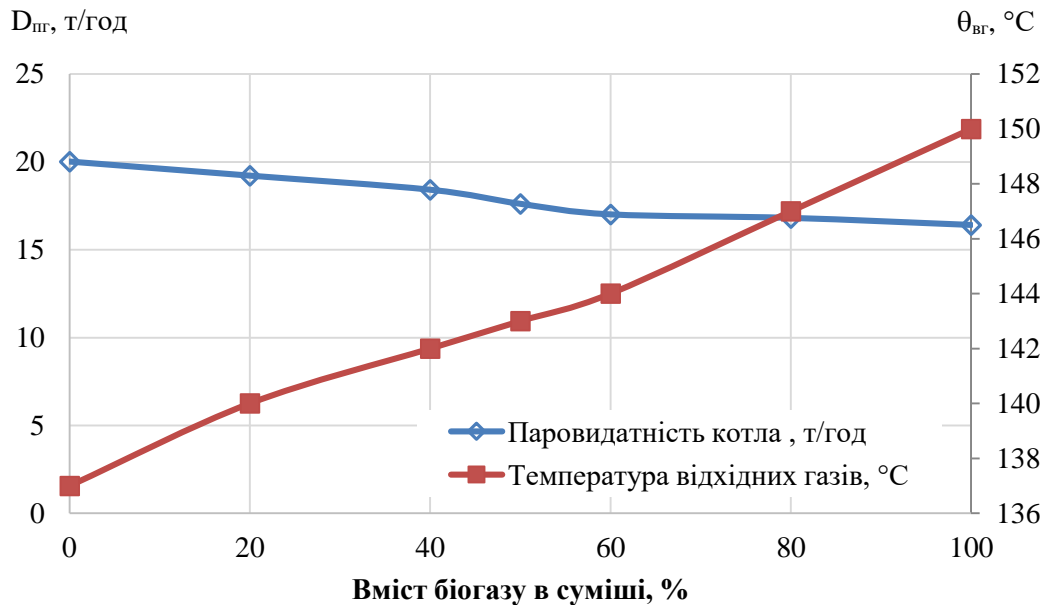


Рисунок 1 – Розрахункові паровидатності ( $D_{пр}$ ) температури відхідних газів ( $\theta_{вг}$ ) парогенератора ДКВр-20-23-395 за умови спалювання в ньому різних газоподібних палив

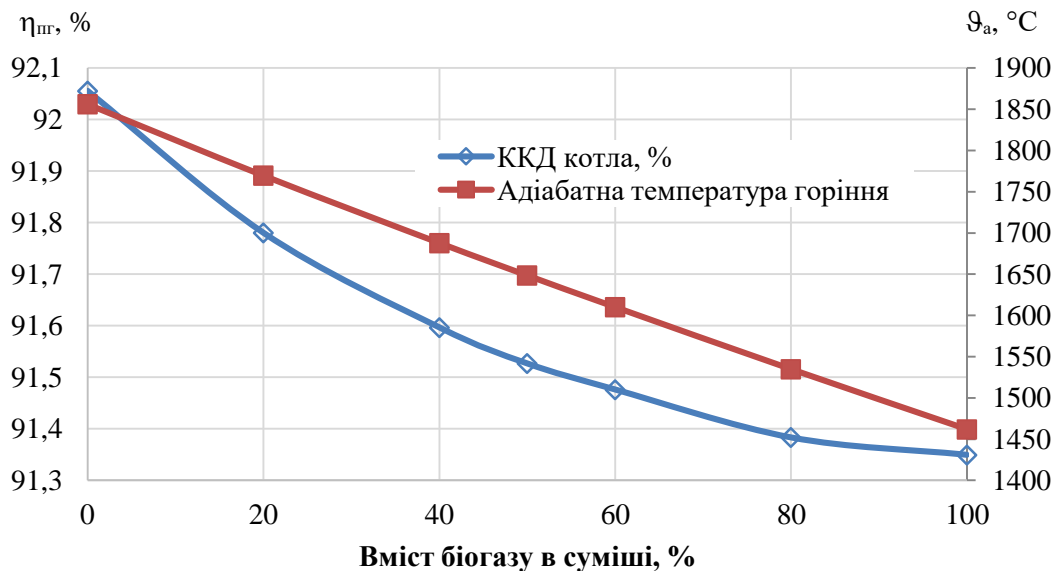


Рисунок 2 – Розрахункові значення ККД парогенератора ( $\eta_{пр}$ ) та адіабатної температури горіння ( $\theta_a$ ) за умови спалювання природного газу, біогазу і їх сумішей

Аналізуючи дані на рис. 1, спостерігаємо найнижчу температуру відхідних газів 137 °C за умови спалювання чистого природного газу, а найвищу – 150 °C за умови спалювання біогазу в парогенераторі. Переведення даного парогенератора з природного газу на біогаз за приблизного однакового аеродинамічного опору призведе до зниження його паровидатності із 20 т/год до 16,4 т/год (тобто орієнтовно на 18%).

Як видно з рис. 2, за умови спалювання природного газу в парогенераторі ДКВр-20-23-395 досягається коефіцієнт корисної дії 92,06%. Тоді як за умови спалювання чистого біогазу коефіцієнт

корисної дії знижується до 91,35 %. Пропорційно знижується і адіабатна температура горіння із збільшенням вмісту біогазу у суміші газів і складає 1856,3°C при спалюванні чистого ПГ та 1462,1°C при спалюванні чистого біогазу.

За результатами моделювання встановлено суттєве збільшення витрати палива на парогенератор (на 63%) хоча зниження коефіцієнту корисної дії парогенератора незначне (на 0,71%) і крім того одночасно ще і знижується паровидатність котла. Таку тенденцію можна пояснити суттєвою різницею теплотворної здатності природного газу (36,35 МДж/м<sup>3</sup>) і біогазу (18,44 МДж/м<sup>3</sup>) та значною відмінністю коефіцієнтів надлишку повітря в топці: 1,1 взято для спалювання природного газу і 1,44 – для спалювання біогазу.

## Висновки

Встановлено актуальність розгляду питання заміщення природного газу біогазом у парогенераторах. За допомогою розробленої математичної моделі виконано моделювання показників роботи парогенератора за умови спалювання в ньому біогазу та сумішей природного газу та біогазу.

Розрахунки показали, що ККД парогенератор за умови спалювання біогазу понижується на 0,71 % у порівнянні із спалюванням чистого природного газу, а паровидатність при цьому знижується на 18%.

Температура відхідних газів зростає із 137 °С за умов спалювання чистого природного газу до 150 °С для чистого біогазу. Одночасно переведення парогенератора із природного газу на біогаз призводить до збільшення витрати палива на 63%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Аналіз соціальної та енерго- і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2020. № 2. С. 34-41.
2. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Власенко О. В. Потенціал біогазової технології на Вінниччині. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2020. № 5. С. 41-48.
3. Гелетуха Г. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні : практичний посібник. Київ, 2015. 71с.
4. Степанова Н.Д. Використання відновлюваних джерел енергії на ТЕЦ цукрового заводу / Н. Д. Степанова, О. Є. Лановий // Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "Енергоефективність в галузях економіки України", Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14025/11880>
5. Чепурний М. М., Степанов Д. В., Корженко Є. С. Теплові розрахунки парогенераторів : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2006. 155 с.
6. Радченко С. Г. Математичне моделювання і оптимізація технологічних систем. Київ : Вища шк., 2001. 315 с.

*Степанова Наталія Дмитрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний університет, м. Вінниця, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)*

*Гуменюк Святослав Євгенович, студент групи ТЕ-22мз, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.*

*Глеба Ярослав Олександрович, студент групи ТЕ-21мс, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [yaroslavg@gmail.com](mailto:yaroslavg@gmail.com) .*

*Stepanova Nataliya D., Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)*

*Humeniuk Sviatoslav Ye., student of TE-22mz group, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya.*

*Hleba Yaroslav O., student of TE-21ms group, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya, e-mail: [yaroslavg@gmail.com](mailto:yaroslavg@gmail.com)*