

ОСОБЛИВОСТІ СПАЛЮВАННЯ БІОГАЗУ НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ СПИРТЗАВОДУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано особливості створення системи виробництва і спалювання біогазу на теплоелектроцентралі спиртзаводу. Проаналізовано можливі варіанти спалювання суміші палив та методи дослідження процесу їх спалення серед яких: експериментальний, шляхом спалювання біогазу в дослідних еталонних пальниках; аналітичний, шляхом визначення і співставлення критеріїв взаємозамінності. Оцінку взаємозамінності палив проведено за простим і розширеним критеріями Воббе. Показано, що за простим критерієм Воббе, спалювання сумішей без зміни конструкції пальника неможливе, а за розширеним, лише за умови підвищення тиску суміші. Наведено аналіз проблем, що виникають в разі спалювання біогазу та його сумішей з природним газом у пальниках

Ключові слова: теплоелектроцентрально, біогаз, біогазова установка, спалювання, суміш газів, число Воббе.

Abstract

The peculiarities of creating a system for the production and combustion of biogas at the thermal power plant of the distillery are analyzed. The possible variants of combustion of a mixture of fuels and methods of studying the process of their combustion among them are analyzed: experimental, by combustion of biogas in experimental reference burners; analytical, by definition and comparison of the criteria of interchangeability. The assessment of interchangeability of fuels was carried out according to simple and extended Wobbe criteria. It is shown that, according to a simple Wobbe criterion, combustion of mixtures without changing the design of the burner is impossible, but extended, only if the mixture is pressurized. The analysis of problems arising in the case of combustion of biogas and its mixtures with natural gas in burners is given.

Keywords: power plant, biogas, biogas plant, combustion, gas mixture, Wobbe number.

Вступ

Однією з особливостей сучасного розвитку є підвищена увага світової спільноти до проблем раціональності та ефективності використання енергоресурсів, впровадження технологій енерго- і ресурсозбереження, пошуку поновлюваних джерел енергії.

Використання біогазу в котлах має суттєве значення для деяких підприємств України: станцій аерації, цукрових, спиртових м'ясо-молочних та інших фабрик, заводів, в яких біогазом можна замінити 20 – 100 % споживаного природного газу [1]. Однією з галузей промисловості, де є реальні можливості отримання біогазу з відходів виробництва, є спиртова. Основні відходи і побічні продукти в спиртовій промисловості – це барда, вуглекислий газ бродіння, дріжджі-сахароміцети, сивушне масло, ефірноальдегідна фракція (ЕАФ) [2].

Проблеми синтезу систем виробництва і спалювання біогазу на підприємствах є надзвичайно актуальними і мало висвітленими в науково-технічній літературі.

Мета роботи – обґрунтування можливості комбінування системи виробництва і спалювання біогазу на теплоелектроцентралі спиртзаводу.

Основна частина

Для проведення досліджень було розглянуто теплотехнологічну систему спиртового заводу, на якому добова маса післяспиртової барди становить $m_g = 470$ т/добу вологістю $W = 94\%$, температура – 103 °С. В роботі [3] нами наведено схему біогазової установки для забезпечення паливом теплоелектроцентралі.

На теплоелектроцентралі встановлено чотири парогенератори ДКВР - 10 -23 (3 – працює, 1 – резервний). Робочим паливом є природний газ. Оскільки виробленого у БГУ біогазу (0,096 м³/с) буде недостатньо для забезпечення повної потужності теплоелектроцентралі, то пропонується використовувати суміш біогазу та природного газу для спалення у котлі. Можливі такі варіанти

спалювання суміші палив: розподілення отриманого біогазу на три котли і спалювання у суміші з природним газом; спалювання всього отриманого біогазу в одному котлі разом із природним газом.

Для оцінки можливості спалювання суміші палив в існуючих пальниках необхідно оцінити взаємозамінність газів.

В світовій практиці оцінка можливості взаємозамінності газів проводиться такими способами [4]:

1) експериментально, шляхом спалювання біогазу в дослідних еталонних пальниках (Отто, Сако-Шака, Газ де Франс, тощо), і порівняння характеристик полум'я різних спалюваних газів і оцінювання впливу властивостей цих газів на горіння;

2) аналітично, шляхом визначення і співставлення таких критеріїв взаємозамінності: теплопродуктивності (число Воббе); рівнів робочих тисків; границь проскоку полум'я; утворення продуктів хімічного і механічного недопалювання.

У Великій Британії для визначення взаємозамінності використовується метод еквівалентних вуглеводнів [5].

Число Воббе часто використовується як самостійний показник взаємозамінності газів. В даній роботі використано для оцінки можливості спалювання суміші палив в існуючих пальниках саме критерій Воббе. Гази вважаються взаємозамінними [6] без внесення змін у роботу пальників за умови рівності для них чисел Воббе (W_o), які характеризують теплову потужність і аеродинамічні параметри пальників при постійному тиску газу.

$$W_{o1} = W_{o2} = \text{const} \pm 5\%. \quad (1)$$

де W_{o1} , W_{o2} —числа Воббе для замінного газу і того, що заміняє.

Основним газом є природний газ із таким складом : $CH_4 = 98,9\%$; $C_2H_6 = 0,12\%$; $C_3H_8 = 0,01\%$; $C_4H_{10} = 0,01\%$; $CO_2 = 0,06\%$; $N_2 = 0,9\%$; $O_2 = 0\%$, теплота згорання становить $Q_H^p = 35503$ кДж/м³.

Газом, яким замінюємо, є суміш біогазу та природного газу. У разі спалювання всієї кількості біогазу в одному котлі, для забезпечення необхідної теплової потужності пальника необхідно спалити 0,096 м³/с біогазу (БГ) та 0,1697 м³/с природного газу (ПГ). Частка біогазу в суміші 0,361, частка природного газу – 0,639. Суміш газів в такому випадку буде мати такий склад: $CH_{4cm} = 88,21\%$; $C_2H_{6cm} = 0,077\%$; $C_3H_{8cm} = 0,00639\%$; $C_4H_{10cm} = 0,00639\%$; $CO_{2cm} = 10,94\%$; $N_{2cm} = 0,6473\%$; $O_{2cm} = 0,1083\%$, теплота згорання $Q_{H,cm}^p = 31641,7$ кДж/м³. В разі розподілення отриманого біогазу на три котли, отримана суміш буде спалюватись у таких співвідношеннях: 13 % біогазу та 87 % природного газу. Теплота згорання такої суміші становитиме 34109 кДж/м³, а склад суміші такий $CH_{4cm} = 95,04\%$; $C_2H_{6cm} = 0,1044\%$; $C_3H_{8cm} = 0,0087\%$; $C_4H_{10cm} = 0,0087\%$; $CO_{2cm} = 3,97\%$; $N_{2cm} = 0,809\%$; $O_{2cm} = 0,039\%$.

Розрахунки показали, що критерій Воббе для природного газу становить 47444 кДж/м³, для суміші БГ:ПГ=36,1%:63,9% критерій $W_o = 35745$ кДж/м³ (відхилення 24,66%), для суміші БГ:ПГ=13%:87%, $W_o = 44123$ кДж/м³ (відхилення 7%). Для останнього випадку менша розбіжність між числами Воббе пояснюється меншим вмістом в суміші вуглекислого газу, що впливає на густину. Таким чином, для жодного із запропонованих варіантів спалювання сумішей газів рівність (1) не виконується. Це означає, що спалювання сумішей газів в існуючому газопальниковому обладнанні неможливе без попередньої реконструкції пальника.

Огляд літературної інформації показав, що практичних рекомендацій по переведенню промислових котлів на спалювання сумішей газів з різною теплою згорання вкрай обмаль. Разом з тим цей напрямок досліджень є надзвичайно актуальним, оскільки спалювання альтернативних газів (біогазу, генераторного газу) дозволить частково вирішити проблему дефіциту традиційних енергетичних палив.

ВИСНОВКИ

Проведено обґрунтування можливості комбінування системи виробництва і спалювання біогазу на теплоелектроцентралі спиртзаводу.

Проведені розрахунки з обґрунтування можливості спалювання суміші природного газу і біогазу в існуючому газопальниковому обладнанні. Дослідження показали, що розбіжність між критерієм взаємозамінності газів Воббе (W_o) для природного газу та суміші газів БГ:ПГ=36,1%:63,9%, становить 24,66%, а для БГ:ПГ=13%:87% – становить 7%, що більше рекомендованих норм. Це свідчить про необхідну реконструкцію пальників для спалювання суміші природного і газу та біогазу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сигал И. Я. Газогорелочные устройства для сжигания биогаза в котлах / И. Я. Сигал, А. В. Марасин, В. С. Бражник, А. В. Смихула, // Энерготехнологии и ресурсосбережение – 2014. - № 3. - С. 68 – 72.
2. Вторинні ресурси спиртової промисловості [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bibliograph.com.ua/vtorichnye-resursy/38.htm>
3. Боднар Л. А. Синтез системи виробництва і спалювання біогазу на теплоелектроцентралі спиртзаводу / Л. А. Боднар, А. С. Лук'янець // Електронне наукове видання матеріалів конференції (2018). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/view/6104>
4. Жирнова О. В. Разработка автоматизированной системы диагностики и управления процессом сжигания биогаза. /Диссертация на соискание ученой степени доктора философии (PhD). – Республика Казахстан, Алматы. – 2017 г. – 212 с.
5. Колієнко В. А. Особливості спалювання горючих газів із змінними характеристиками / В. А. Колієнко, О. В. Шеліманова //Енергетика і автоматика. - 2015. - № 1. - С. 181-188.
6. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения: ГОСТ 5542-87. – [Чинний від 1984-06-30]. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.

Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: Bodnar06@ukr.net

Лук'янець Антон Сергійович, студент групи ТЕ-18 м, факультет будівництва, теплоенергетики та теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет. e-mail: entoni971@gmail.com

Bodnar Lilia, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Bodnar06@ukr.net.

Luciants Anton – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University. e-mail: entoni971@gmail.com