

Л. А. Боднар
Д. І. Денесяк
К. О. Іщенко
А. С. Лук'янець

ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА І СПАЛЮВАННЯ БІОГАЗУ НА СПИРТЗАВОДІ

Вінницький національний технічний університет

Робота присвячена важливій задачі покращення техніко-економічних та екологічних показників виробництва шляхом утилізації надлишкової теплоти відходів підприємства, перетворення цих відходів у біогаз та подальшого його спалення у котлі. Проаналізовано особливості створення системи виробництва і спалювання біогазу на теплоелектроцентралі спиртзаводу. Розроблено принципову схему системи виробництва біогазу з барди, яка включає біогазовий реактор, теплообмінне, насосне обладнання і дозволяє переробляти 470 т/добу сировини з якої отримувати більше 8000 м³/добу біогазу з можливою теплою згорання 24890 кДж/м³. Наведено опис роботи системи виробництва біогазу. Проведено оцінку виходу біогазу та можливості його спалювання в котлах ТЕЦ у вигляді суміші з природним газом. 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, основні з яких: зміна нормальної швидкості розповсюдження полум'я із зміною густини газу; зміна глибини проникнення струменів біогазу в потік повітря, що може призвести до зриву факела; зміна аеродинамічних умов перемішування газу з дуттьовим повітрям з наступним впливом на повноту згорання та теплову потужність пальника. Висвітлено основні чинники формування вартості товарного біогазу: біосировина, логістика, виробництво біогазу, подача, сфера застосування.

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

Вступ. Постановка задачі

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.

Наразі біогазова установка в даний час є характерним елементом сучасного, безвідходного виробництва в багатьох галузях сільського господарства та харчової промисловості. Якщо підприємство має відходи сільського господарства або харчової промисловості, з'являється реальна можливість за допомогою біогазової установки не тільки позбутися від таких відходів, але і значно скоротити витрати на енергію, підвищити ефективність підприємства, отримати додатковий прибуток.

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]. Значна частина відходів переробляється у корми для тварин, сухі кормові дріжджі та в медицині. Однак проблеми з утилізацією відходів на підприємствах спиртової галузі залишаються. Одним із напрямків вирішення проблеми відходів – перетворення їх у біогаз. Отримане паливо можна спалювати в котлах підприємства і отримувати теплову та електричну енергію.

Проблеми синтезу систем виробництва і спалювання біогазу на підприємствах є надзвичайно актуальними і мало висвітленими в науково-технічній літературі. Під синтезом теплотехнічної системи розуміють визначення структури зв'язків елементів системи та її конструктивно-режимних параметрів, що забезпечують оптимальне функціонування системи при заданих обмеженнях [2]. Створення комбінованих систем, що дозволяють виробляти біогаз і спалювати його, дозволило б суттєво покращити техніко-економічні та екологічні показники виробництв.

Проблемами спалювання біогазу і його сумішей в котлах займаються вчені з Інституту газу НАН України [1, 4].

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 рисунку 1 зображено запропоновану нами принципову схему біогазової установки для переробки барди в біогаз.

З підприємства надходить суміш відходів органічного походження із масовою витратою 470 т/добу, які збираються у ємності для барди 12. Середня температура суміші $93\text{ }^{\circ}\text{C}$, розрахункова питома густина 1082 кг/м^3 . Суміш перекачується за допомогою насоса барди 11 через теплообмінник термостабілізації 8 біогазового реактора 1, де віддає надлишкову теплову енергію воді контуру термостабілізації. Далі охолоджена суміш проходить через теплообмінник догріву 9, в якому, в залежності від пори року, температурного режиму в реакторі та інших чинників, може догріватись до необхідної температури або охолоджуватись водою, яка перекачується насосом 10. Підготовлена для збродження суміш надходить у біогазовий реактор 1, де відбувається процес збродження. Перемішування субстрату у реакторі відбувається за рахунок насоса рециркуляції 6, який перекачує субстрат із нижньої частини реактора у верхню. Вивантаження відпрацьованого субстрату відбувається за допомогою фекального насоса 5. Термостабілізація реактора реалізується шляхом циркуляції гарячої води за допомогою циркуляційного насоса 7 по трубах термостабілізації 13 розміщених по контурі реактора. Отриманий біогаз накопичується у верхній частині реактора і перекачується компресором 3 через фільтр 4 у газгольдер 2, звідки поступає до пальників котла.

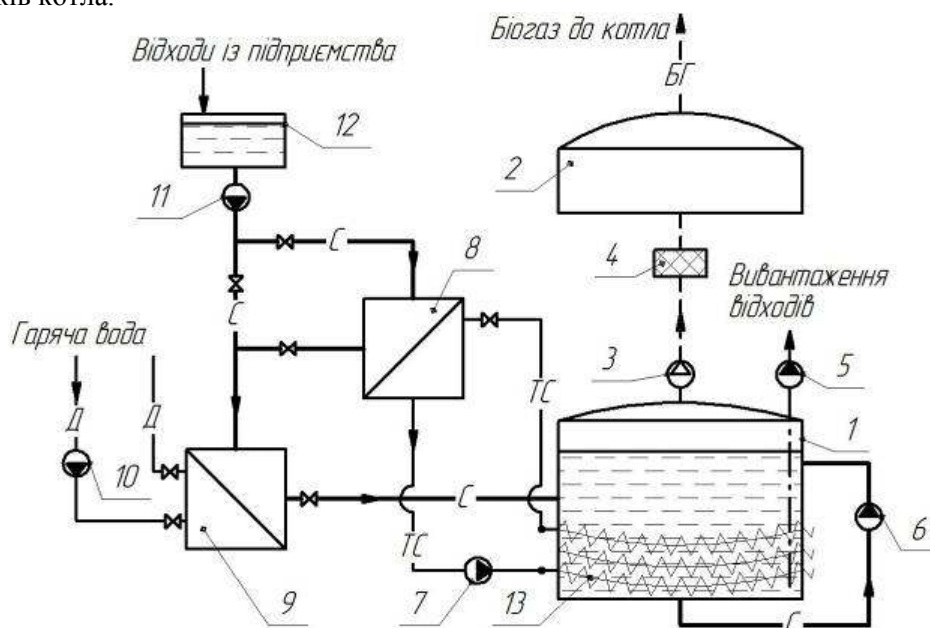


Рисунок 1 – Принципова схема біогазової установки

1 – біогазовий реактор; 2 – газгольдер; 3 – компресор; 4 – фільтр; 5 – фекальний насос; 6 – насос рециркуляції; 7 – циркуляційний насос; 8 – теплообмінник термостабілізації; 9 – теплообмінник догріву; 10 – насос; 11 – насос барди; 12 – ємність для барди; 13 – труби термостабілізації. Потоки маси (теплоносіїв): С – субстрат; ТС – термостабілізація; Д – догрів; БГ – біогаз.

Оскільки ми маємо барду із температурою вищою за процес збродження, то її необхідно охолодити до заданої температури. Для економії місця для біогазової установки (БГУ) та зменшення технологічного циклу збродження приймаємо температуру збродження $t_{зб} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ та період збродження біомаси 7 діб. Проблема утилізації теплоти води та барди вирішуємо шляхом установки теплообмінників утилізаторів. Важливою умовою виробництва біогазу є необхідність підтримувати постійну температуру органічної суміші у реакторі, при чому із підвищенням температури збродження допустимі коливання цієї температури зменшуються і

для $t_{36} = 55$ °С становить $\pm 0,5$ °С. Тому надлишкову теплову енергію стічних вод та барди використаємо для термостабілізації БГУ і підігріву води в технологічній схемі теплоелектроцентралі.

В результаті анаеробного зброджування мелясної барди в біогазовій установці можна отримати $8319,3$ м³/добу біогазу з теплою спалювання $24,89$ МДж/м³. Методику визначення виходу біогазу взято з [5]. Утилізація надлишкової теплоти барди при середній її теплоємності $3,9$ кДж/кг від температури 93 °С до 55 °С дасть $1,018$ МВт теплової потужності. Згідно [1] хімічний склад біогазу, який утворюється під час метанового зброджування на спиртзаводі, може бути такий: $\text{CH}_4 = 69,3$ %; $\text{CO}_2 = 30,2$ %; $\text{N}_2 = 0,2$ %; $\text{O}_2 = 0,3$, теплота згорання $Q_{\text{H}}^{\text{P}} = 24890$ кДж/м³.

Обґрунтування можливості спалювання біогазу в котлах 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. Під взаємозамінністю газів розуміють можливість спалювання їх у пальниках без порушень паспортних характеристик, зниження показників енергоефективності та без зміни конструкції як пальників, так і паливоспалювального обладнання [6].

В світовій практиці оцінка можливості взаємозамінності газів проводиться такими способами [7]:

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 [8].

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. Газу вважаються взаємозамінними [9] 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 : $\text{CH}_4 = 98,9$ %; $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,12$ %; $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,01$ %; $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,01$ %; $\text{CO}_2 = 0,06$ %; $\text{N}_2 = 0,9$ %; $\text{O}_2 = 0$ %, теплота згорання становить $Q_{\text{H}}^{\text{P}} = 35503$ 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: $\text{CH}_{4\text{см}} = 88,21$ %; $\text{C}_2\text{H}_{6\text{см}} = 0,077$ %; $\text{C}_3\text{H}_{8\text{см}} = 0,00639$ %; $\text{C}_4\text{H}_{10\text{см}} = 0,00639$ %; $\text{CO}_{2\text{см}} = 10,94$ %; $\text{N}_{2\text{см}} = 0,6473$ %; $\text{O}_{2\text{см}} = 0,1083$ %, теплота згорання $Q_{\text{H,см}}^{\text{P}} = 31641,7$ 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 $\text{CH}_{4\text{см}} = 95,04$ %; $\text{C}_2\text{H}_{6\text{см}} = 0,1044$ %; $\text{C}_3\text{H}_{8\text{см}} = 0,0087$ %; $\text{C}_4\text{H}_{10\text{см}} = 0,0087$ %; $\text{CO}_{2\text{см}} = 3,97$ %; $\text{N}_{2\text{см}} = 0,809$ %; $\text{O}_{2\text{см}} = 0,039$ %,

Для двох варіантів визначено критерій Воббе.

$$W_{o_1} = Q_{H1}^p / \sqrt{\bar{\rho}_{r1}}, \quad W_{o_2} = Q_{H2}^p / \sqrt{\bar{\rho}_{r2}}, \quad (2)$$

де Q_{H1}^p – теплота згорання природного газу, $\bar{\rho}_{r1}$ – відносна густина природного газу, Q_{H2}^p – теплота згорання суміші природного газу і біогазу, $\bar{\rho}_{r2}$ – відносна густина суміші газів, що визначається згідно до [10]. 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. Розрахунки також показали, що для виконання рівності (1) домішки біогазу в суміші мають не перевищувати 7 %.

Слід зазначити, що вихід біогазу і його склад залежить від багатьох факторів, тому пропорції біогазу та природного газу, необхідні для забезпечення певної теплової потужності, можуть бути різними.

Для забезпечення спалювання суміші в існуючому пальнику можливе підвищення тиску газу. Тиск газу, який необхідно встановити для підтримання сталої теплової потужності за зміни характеристик палива, обчислюється за залежністю (3) [6]. Але в літературі не вказано можливі межі коливання тиску газу.

$$P_2 = P_1 \frac{\rho_{r2}}{\rho_{r1}} \left(\frac{Q_{H1}^p}{Q_{H2}^p} \right)^2. \quad (3)$$

де P_1 , ρ_1 , Q_{H1}^p – тиск, густина і теплота згорання відповідно для першого горючого газу, для якого були встановлені режимні паспортні характеристики роботи пальника та визначені паспортні розміри вогневих отворів, P_2 , ρ_2 , Q_{H2}^p – тиск, густина і теплота згорання суміші. Розрахунки показали, що в разі спалювання суміші БГ:ПГ=13%:87% необхідно збільшити тиск на пальниках на 10 %. За зміни тиску суміші перед пальником, оцінка взаємозамінності газів проводиться за розширеними числами Воббе [8].

Проблеми спалювання біогазу в котлах

В роботі [1] зазначено, що значна кількість вуглекислого газу в біогазі (до 30 %) впливає на його густину, теплоту згорання і нормальну швидкість розповсюдження полум'я (у біогазу 15 – 25 см/с, у природного газу 38 см/с). Зміна густини газу спричиняє зміну витрат горючого газу, який проходить через вогневі отвори пальника, призводить до зменшення швидкості витікання газу через сопла і вогневі отвори пальників та зміни аеродинамічних умов перемішування газу з дуттьовим повітрям і впливає на повноту згорання та теплову потужність пальника.

В роботі [4] зазначено, що розроблені для природного газу пальники неможливо використовувати для біогазу, оскільки для забезпечення необхідної потужності, потрібно подати більше біогазу. Це можливо за умови збільшення тиску газу. Але з ростом тиску збільшується швидкість витікання біогазу, порушується оптимальне співвідношення швидкостей газ-повітря і, відповідно, змінюється глибина проникнення струменів біогазу в потік повітря, що може призвести до зриву факела. Для одночасного спалювання природного газу і біогазу в котлах типу ДКВР авторами пропонується підключення до котла двох незалежних газопроводів для природного газу і біогазу(кожен газ подається в свій колектор, а звідти струменями – в топкову камеру) [4].

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

Для оцінки техніко-економічних показників комбінованих систем виробництва і спалювання біогазу, потрібно враховувати ряд чинників. На даний час у відкритому доступі наявна інформація достатня здебільшого лише для оцінки вартості спорудження та обслуговування біогазового комплексу. Під час формування вартості товарного біогазу в дію вступають наступні чинники [11]: біосировина, логістика, виробництво біогазу, подача, сфера застосування. Для кожного окремого випадку необхідно проводити окрему розробку системи з БГУ враховуючи вище описані фактори.

Висновки

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

Розроблено принципову схему біогазової установки для переробки барди і забезпечення теплоелектроцентралі альтернативним видом палива – біогазом. Описано принцип дії установки. В результаті анаеробного зброджування мелясної барди в біогазовій установці, за попередніми оцінками, можна отримати більше 8000 м³/добу біогазу з можливою нижньою теплотою згорання 24,89 МДж/м³. 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. Огляд літератури показав, що практичних рекомендацій по переведенню промислових котлів на спалювання сумішей газів з різною теплотою згорання вкрай обмаль. Водночас цей напрямок досліджень є надзвичайно актуальним, оскільки спалювання альтернативних газів (біогазу, генераторного газу), а також їх сумішей з природним газом, дозволить частково вирішити проблему дефіциту традиційних енергетичних палив.

СПИСОК 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. Таубман Е. И. Анализ и синтез теплотехнических систем. М.: – Энергоатомиздат, 1983. – 176 с.
4. Сигал И. Я. Особенности использования биогаза, получаемого на очистных сооружениях, в качестве топлива для котлов / И. Я. Сигал, А. В. Марасин, В. С. Бражник, А. В. Смихула, В. А. Колчев, А. А. Сигал // Экология и промышленность. - 2014. - № 2. - С. 17-21. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolprom_2014_2_5.
5. Гюнтер Л. И. Метантенки: Монография /Л. И.Гюнтер, Л. Л.Гольдфа.–М.: Стройиздат, 1991. – 129 с.
6. Колієнко А. Г. До питання про якість горючого газу / А. Г. Колієнко, О. В. Шеліманова, В. А. Колієнко //Енергетика і автоматика. - 2016. - № 1. - С. 135-144.
7. 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.
8. Колієнко В. А. Особливості спалювання горючих газів із змінними характеристиками / В. А. Колієнко, О. В. Шеліманова //Енергетика і автоматика. - 2015. - № 1. - С. 181-188.
9. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения: ГОСТ 5542-87. – [Чинний від 1984-06-30]. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.
10. Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплотысгорания, относительнойплотности и числа Воббе: ГОСТ 22667. – [Чинний від 1983-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 4 с.
11. Гавриш В. І. Визначення економічно доцільного напряму використання біогазу / В. І. Гавриш // Економіка АПК. - 2014. - № 3. - С. 24-29. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2014_3_5.

REFERENCES

1. Spisok literaturi 1.Sigal I. YA. Gazogorelochnyye ustroystva dlya szhiganiya biogaza v kotlakh / I. YA. Sigal, A. V. Marasin, V. S. Brazhnik, A. V. Smikhula, // Energotekhnologii i resursosberezheniye – 2014. - № 3. - S. 68 – 72.
2. Vtorinnі resursi spirtovoi promislivosti [Yelektronniy resurs]. Rezhim dostupu: <http://bibliograph.com.ua/vtorichnye-resursy/38.htm>
3. Taubman Ye. I. Analiz i sintez teplotekhnicheskikh sistem. M.: – Energoatomizdat, 1983. – 176 s.
4. Sigal I. YA. Osobennosti ispol'zovaniya biogaza, poluchayemogo na ochistnykh sooruzheniyakh, v kachestve topliva dlya kotlov / I. YA. Sigal, A. V. Marasin, V. S. Brazhnik, A. V. Smikhula, V. A. Kolchev, A. A. Sigal // Ekologiya i promyshlennost'. - 2014. - № 2. - S. 17-21. - Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolprom_2014_2_5
5. Gyunter L. I. Metantenki: Monografiya /L. I.Gyunter, L. L.Gol'dfa.–M.: Stroyizdat, 1991. – 129 s.

6. Koliënko A. G. Do pitannya pro yakist' goryuchogo gazu / A. G. Koliënko, O. V. Shelímanova, V. A. Koliënko // Yenergetika í a vtomatika. - 2016. - № 1. - S. 135-144.
7. Zhirnova O. V. Razrabotka avtomatizirovannoy sistemy diagnostiki i upraleniya protsesom szhiganiya biogaza. /Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora filosofii (PhD). – Respublika Kazakhstan, Almaty. – 2017 g. – 212 s.
8. Koliënko V. A. Osoblivosti spalyuvannya goryuchikh gaziv iz zmínnimi kharakteristikami / V. A. Koliënko, O. V. Shelímanova // Yenergetika í avtomatika. - 2015. - № 1. - S. 181-188.
9. Gazy goryuchiye prirodnyye dlya promyshlennogo i kommunal'no-bytovogo naznacheniya: GOST 5542-87. – [Chinniy víd 1984-06-30]. – M.: Izd-vo standartov, 1987. – 4 s.
10. Gazy goryuchiye prirodnyye. Raschetnyy metod opredeleniya teplotysgoraniya, otnositel'noyplotnosti i chisla Vobbe: GOST 22667. – [Chinniy víd 1983-07-01]. – M.: Izd-vo standartov, 1982. – 4 s.
11. Gavrish V. Í. Viznachennya yekonomíchno dotsíl'nogo napryamu vikoristannya biogazu / V. Í. Gavrish // Yekonomika APK. - 2014. - № 3. - S. 24-29. - Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2014_3_5

Боднар Лілія Анатоліївна – к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. ORCID 0000-0001-9497-214X.

Денесяк Дмитро Іванович – аспірант, кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. ORCID 0000-0001-6332-3163.

Іщенко Ксенія Олександрівна – аспірант, кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. ORCID 0000-0002-5455-6501.

Лук'янець Антон Сергійович – студент групи ТЕ-18м, Вінницький національний технічний університет.

**L. Bodnar
D. Denysiak
K. Ishchenko
A. Lukyanets**

CHARACTERISTICS OF SYNTHESIS THE PRODUCTION SYSTEM AND BIOPHASE SIZING AT ALCOHOL FACTORY

Vinnitsia National Technical University

The work is devoted to the important task of improving the techno-economic and ecological indicators of production by utilizing the excess heat of the enterprise waste, converting these wastes into biogas and then burning it in the boiler. The peculiarities of creation of the system production and combustion biogas on the thermal power plant of the distillery are analyzed. The basic scheme of the production biogas system production from the bard, which includes a biogas reactor, heat exchange, pumping equipment, is developed and allows to process 470 tons / day of raw materials from which to receive more than 8000 m³ / day of biogas with a possible heat of combustion 24890 kJ / m³. The description of operation of biogas production system is given. An estimation of the biogas output and the possibility of its combustion in CHP boilers in the form of a mixture with natural gas is carried out. 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 defining and comparing the criteria of interchangeability. The assessment of the 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 pressure of the mixture is increased. The analysis of problems arising in the case of combustion of biogas and its mixtures with natural gas in burners is given, the main of which is: the change of the normal velocity of propagation of the flame with the change of gas density; change in the depth of penetration of biogas streams into the air stream, which may lead to the failure of the torch; change in aerodynamic conditions of mixing gas with blown air with subsequent influence on the completeness of combustion and the thermal power of the burner. The main factors of formation of the value of commodity biogas: biodiverse, logistics, biogas production, supply, sphere of application are highlighted.

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

Bodnar Lilia, Ph.D – associate professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsia National Technical University.

Denysiak Dmitriy – post-graduate student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsia National Technical University.

Ishchenko Ksenia – post-graduate student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsia National Technical University.

Lukyanets Anton – student of the Vinnitsia National Technical University.

Л. А. Боднар
Д. И. Денесяк
К. А. Ищенко
А. С. Лукьянец

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И СЖИГАНИЯ БИОГАЗА НА СПИРТЗАВОДЕ

Винницкий национальный технический университет

Работа посвящена важной задаче улучшения технико-экономических и экологических показателей производства путем утилизации избыточной теплоты отходов предприятия, преобразования этих отходов в биогаз и дальнейшего его сжигания в котле. Проанализированы особенности создания системы производства и сжигания биогаза на теплоэлектроцентрали спиртзавода. Разработана принципиальная схема системы производства биогаза из барды, которая включает биогазовый реактор, теплообменное, насосное оборудование и позволяет перерабатывать 470 т / сутки сырья с которого получать более 8000 м³ / сутки биогаза с возможной теплотой сгорания 24890 кДж/м³. Приведено описание работы системы производства биогаза. Проведена оценка выхода биогаза и возможности его сжигания в котлах ТЭЦ в виде смеси с природным газом. Проанализированы возможные варианты сжигания смеси топлива и методы исследования процесса их сжигания, среди которых: экспериментальный, путем сжигания биогаза в исследовательских эталонных горелках; аналитический, путем определения и сопоставления критериев Воббе. Показано, что по простому критерию Воббе, сжигание смесей без изменения конструкции горелки невозможно, а по расширенному, только при условии повышения давления смеси. Приведен анализ проблем, возникающих в случае сжигания биогаза и его смесей с природным газом в горелках, основные из которых: изменение нормальной скорости распространения пламени с изменением плотности газа; изменение глубины проникновения струй биогаза в поток воздуха, что может привести к срыву факела; изменение аэродинамических условий перемешивания газа с дутьевым воздухом с последующим воздействием на полноту сгорания и тепловую мощность горелки. Освещены основные факторы формирования стоимости товарного биогаза: биосырье, логистика, производство биогаза, подача, сфера применения.

Ключевые слова: биогаз, биогазовая установка, сжигание, смесь газов, число Воббе.

Боднар Лилия Анатольевна – к.т.н., доцент кафедры теплоэнергетики, Винницкого национального технического университета.

Денесяк Дмитрий Иванович – аспирант кафедры теплоэнергетики, Винницкого национального технического университета.

Ищенко Ксения Александровна – аспирант кафедры теплоэнергетики, Винницкого национального технического университета.

Лукьянец Антон Сергеевич – студент Винницкого национального технического университета.