

# СИНТЕЗ СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА І СПАЛЮВАННЯ БІОГАЗУ НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ СПИРТЗАВОДУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Проведено синтез системи виробництва і спалювання біогазу на теплоелектроцентралі спиртзаводу. Розроблено принципову схему теплоелектроцентралі з біогазовою установкою. Проведено підбір необхідного обладнання. Проведено оцінку виходу біогазу та можливості його спалювання в котлах ТЕЦ у вигляді суміші з природним газом.

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

## Abstract

The synthesis of the production and combustion system of biogas at the thermal power plant of the distillery is carried out. The basic scheme of the heat power plant with biogas plant is developed. The necessary equipment has been selected. 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.

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

## Вступ

Загально відомо, що теплоенергетична галузь України перебуває у кризовому становищі. Це викликано рядом факторів: значна частка енергоносіїв, до 52% закуповується за кордоном; з кожним роком відбувається все більше зношення обладнання, і як наслідок погіршення якості виробництва, розподілу та використання енергоносіїв; Україна отримує більше 50% електричної енергії із АЕС, тоді як для енергетичної безпеки країни із одного джерела можна отримувати до 30% енергії.

У 2017 році прийнято «Нову енергетичну стратегію України» за якою часта отриманої енергії із альтернативних джерел енергії становить на 2035 р – 12,8%. Для розвинених Європейських країн цей показник вже зараз складає 20%. Ринки відновлюваної енергії розвиваються з постійним збільшенням швидкості та сфери їх застосування. Біогазова установка в даний час є характерним елементом сучасного, безвідходного виробництва в багатьох галузях сільського господарства та харчової промисловості. Якщо на підприємстві є 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.

**Мета роботи** – синтез 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  $m_b = 470$  т / добу вологістю  $W = 94\%$ , температура – 103 °С. Крім барди в технологічному процесі виділяється 1800 м<sup>3</sup>/добу гарячих стічних вод, температура 93°С, на даний час охолодження води відбувається у градирні.

На рисунку 1, зображено розроблену принципову схему теплоелектроцентралі із біогазовою установкою (БГУ). Теплова схема біогазової установки працює наступним чином: відходи у вигляді барди із ємності (6) надходять на теплообмінник термостабілізації субстрату (7), охолоджена барда далі направляється у біогазовий реактор (1), за необхідності проводиться її додаткове охолодження або нагрів у теплообміннику (8) в залежності від початкової температури в ємності (6); циркуляція

субстрату у реакторі забезпечується гідравлічним перемішувачем із насосом (12); за допомогою компресора (15) через фільтр (4) біогаз надходить у газгольдер (3) звідки поступає до пальника котла. Вивантаження відпрацьованого субстрату відбувається за допомогою насоса (13).

Процес анаеробного зброджування може протікати при температурі від 25 до 55 °С. Оскільки, ми маємо барду із температурою вищою за процес зброджування, то її необхідно охолодити до заданої температури. Для економії місця для біогазової установки (БГУ) та зменшення технологічного циклу зброджування приймаємо температуру зброджування  $t_{36} = 55$  °С та період зброджування біомаси 7 діб. Проблему 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 зброджування 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 м<sup>3</sup>/добу біогазу з теплотою спалювання 20,764 МДж/м<sup>3</sup>. Утилізація надлишкової теплоти барди при середній її теплоємності 3,9 кДж/кг від температури 93 °С до 55 °С дасть теплової енергії потужністю 1,018 МВт. Згідно [4] хімічний склад біогазу, який утворюється під час метанового зброджування, наступний: CH<sub>4</sub> = 58 %; CO<sub>2</sub> = 39%; N<sub>2</sub> = 1,2%; O<sub>2</sub> = 1,8. В біогазі також присутній сірководень, але оскільки він агресивний і викликає корозію, тому його попередньо очищують.

Оскільки, виробленого у БГУ біогазу буде недостатньо для забезпечення повної потужності теплоелектроцентралі то будемо використовувати суміш біогазу та природного газу для спалення у котлі.

При переході з одного на інший вид газового палива або при зміні складу та фізико-хімічних властивостей одного й того ж горючого газу не повинні змінюватися основні характеристики процесу горіння і параметри роботи газовикористовуючого обладнання.

До них відноситься:

1. Теплова потужність пальника;
2. Кількість дуттьового повітря;
3. Сталий тиск газу і повітря перед пальником;
4. Сталі екологічні характеристики.

У роботі [5] вводиться поняття взаємозамінності газів для спалювання їх у одному пальнику. Під взаємозамінністю газів будемо розуміти можливість спалювання їх у пальниках без порушень паспортних характеристик, зниження показників енергоефективності та без зміни конструкції як пальників, так і паливоспалювального обладнання.

Гази вважаються взаємозамінними [5] 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  $W_{o1}, W_{o2}$  – розширені числа Воббе для замінного газу і того, що заміняє.

Основним газом є природний газ із теплотою згорання 32,5 МДж/м<sup>3</sup>. Газом яким замінюємо є суміш біогазу та природного газу з теплотою згорання 26386 кДж/м<sup>3</sup>. Розбіжність між числом Воббе для двох газів складає 0,6%, отже можна зробити висновок, що дані гази є взаємозамінними.

Термін окупності проекту становить 5,24 року.

## ВИСНОВКИ

Проведено синтез системи виробництва і спалювання біогазу на теплоелектроцентралі спиртзаводу. Розроблено принципову схему теплоелектроцентралі з біогазовою установкою. В результаті анаеробного зброджування мелясної барди в біогазовій установці можна отримати 8319,3 м<sup>3</sup>/добу біогазу з теплотою спалювання 20,764 МДж/м<sup>3</sup>. Проведені розрахунки по визначенню можливості спалювання суміші природного газу і біогазу, показали, що розбіжність між числом Воббе для двох газів складає 0,6%. Це свідчить про можливість спалювання суміші у пальниках без порушень паспортних характеристик, зниження показників енергоефективності та без зміни конструкції паливоспалювального обладнання. Термін окупності проекту становить 5,24 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баадер Б. Биогаз: Теория и практика / Б. Баадер, Е. Доне, М. Брендерфер. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
2. Гюнтер Л. И. Метантенки: Монография /Л. И. Гюнтер, Л. Л. Гольдфа. – М.: Стройиздат, 1991. – 129 с.
3. Бекер М. Е. Введение в биотехнологию / М. Е. Бекер. – Рига.: Зинатне, 1978. – 240 с.
4. Хімічний склад біогазу URL: <http://www.rosbiogas.ru/literatura/biogazovie-ustanovki-prakticheskoe-posobie/sostav-i-kachestvo-poluchaemogo-biogaza.html> (дата звернення: 25.03.2018).
5. 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.

**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: antoni971@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: antoni971@gmail.com

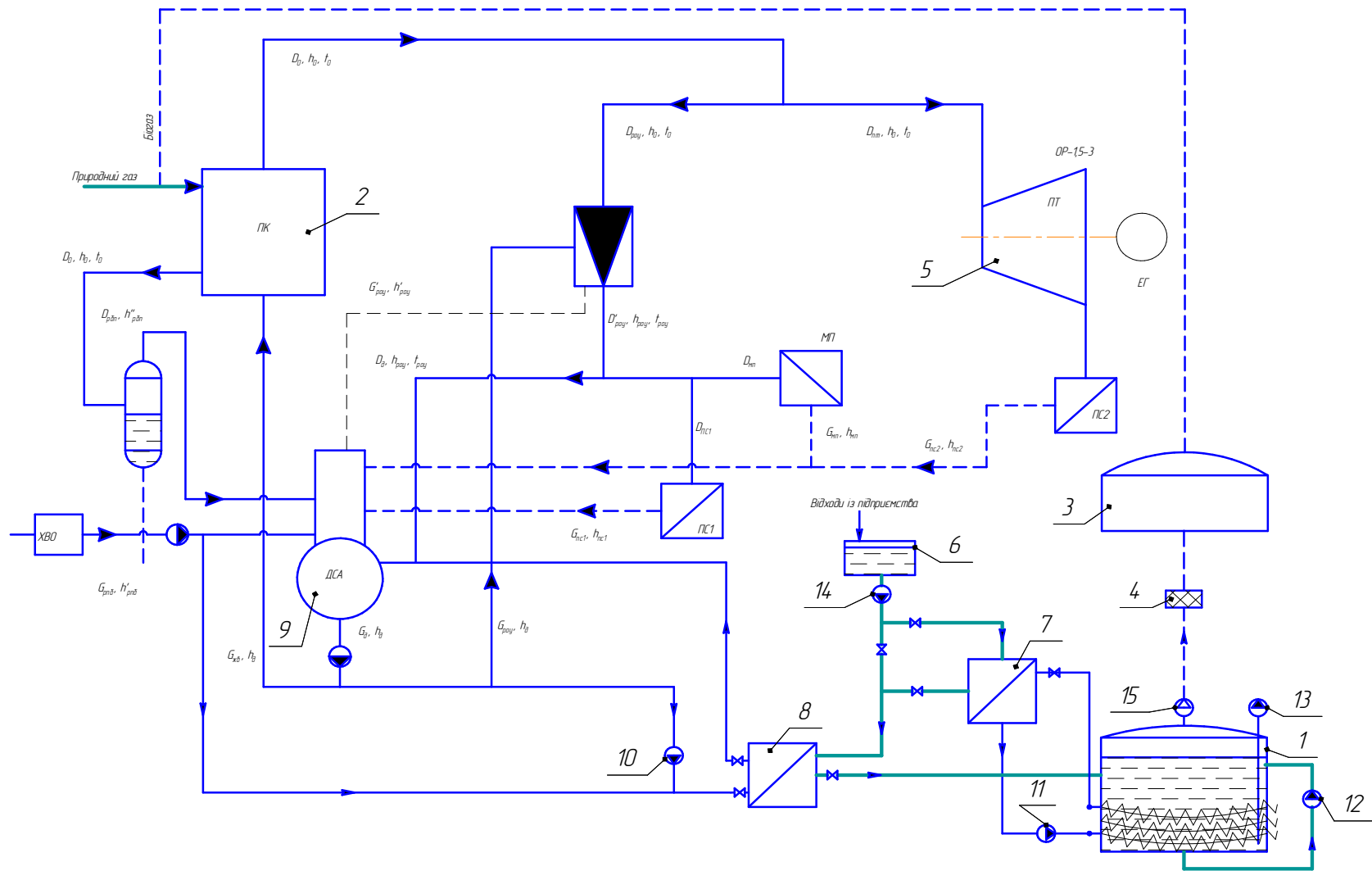


Рисунок 1 – Принципова теплова схема теплоелектроцентралі із БГУ

1 – біогазовий реактор; 2 – котел; 3 – газгольдер; 4 – фільтр біогазу; 5 – парова турбіна; 6 – ємність для барди; 7 – теплообмінник термостабілізації; 8 – теплообмінник догріву субстрату; 9 – деаератор; 10 – насос циркуляційний; 11 – насос контуру термостабілізації; 12 – насос гідравлічного перемішувача; 13 – насос відпрацьованого субстрату; 14 – насос свіжого субстрату; 15 – компресор