

УДК 620.92

Ю.Г. Качан, зав. кафедри, д.т.н., професор

В.Л. Коваленко, доцент, к.т.н.

Д.О. Аносов, магістрант

ЩОДО ДОЦІЛЬНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Запорожская государственная инженерная академия

Приведены результаты научных исследований возможности использования биогазовых технологий в условиях металлургических предприятий. Предложены схему и методика ступенчатой обработки и регулирования качества биогаза с применением технологий очистки и обогащения.

Ключевые слова: биогазовые технологии, металлургическое оборудование, обогащение, очистка, сероводород

Наведено результати наукових досліджень можливості використання біогазових технологій в умовах металургійних підприємств. Запропоновано схему та методику ступінчастої обробки та регулювання якості біогазу із застосуванням технологій очищення та збагачення.

Ключові слова: біогазові технології, металургійне обладнання, збагачення, очищення, сірководень

There are presented results over of scientific researches for possibility of biogas technologies use in the conditions of metallurgical plants. There are offered chart and method of step treatment and adjusting for quality of biogas with the use of technologies of cleaning and enrichment.

Keywords: biogas technologies, metallurgical equipment, enrichment, cleaning, sulphuretted hydrogen

Вступ. В сучасних умовах природний газ, як один з головних видів палива для української промисловості, стає все більш дефіцитним та балансує на межі економічної доцільності його використання. Тому питання заміни традиційних енергетичних ресурсів на альтернативні з кожним днем набуває актуальності. До них, у першу чергу, належить біогазова суміш, яка є достатньо розповсюдженою як паливо котельних установок, але, через ряд факторів, ще залишається незатребуваним на металургійних підприємствах.

Виробництво біогазової суміші є новим для України напрямом відновлювальної енергетики. Її можна одержати на біогазових установках, що розташовано поблизу водостічних станцій, звалищ органічних відходів і сільськогосподарських угідь, а також транспортувати для потреб великих та енергоємних українських промислових підприємств, особливо металургійних. До того ж, виробництво цього енергетичного ресурсу стрімко зростає у країнах ЄС та має хороші передумови та перспективи і у нас в країні, для якої характерними є необґрунтовано велике споживання енергії порівняно зі світовими показниками; критична залежність від нестабільних постачань енергоносіїв зі зовнішніх ринків; високі та нестабільні ціни на природний газ, тенденції до їх збільшення для всіх категорій споживачів.

Загальний потенціал виробництва біогазу з відходів сільського господарства, харчової промисловості, звалищ, стічних вод комунального господарства та промислових підприємств України оцінюється в 3,2 млрд. м³ на рік у метанеквіваленті. Окрім того, 3,3 млрд. м³ біогазової суміші можна одержати шляхом переробки різних видів енергетичних культур, що буде вирощеним на порівняно невеликих площах. Проте, на сьогодні, в Україні немає прикладів виробництва біогазових сумішей для промисловості, хоча такі технології використовуються вже багато років у розвинутих країнах світу.

На сьогодні в 65 країнах діють близько 1200 установок з виробництва біогазової суміші, з них в європейських – 600, у тому числі в Україні лише близько 20. Так, наприклад, у Німеччині і Франції одержують до 200 і 40 млн. м³ біогазової суміші на рік, відповідно, у США – 500 млн. м³ зазначеної суміші. У нашій країні ж перспективи використання зазначеного енергетичного ресурсу як альтернативи природному газу обговорюються вже не перше десятиріччя, але реальні проекти подібної модернізації так і не було впроваджено.

Сучасні методи дозволяють переробляти на біогазову суміш будь-які види органічної сировини, від якої, в першу чергу, залежать її кількісно-якісні характеристики. Так, наприклад, вихід біогазової суміші з розповсюджених джерел, таких як тваринницькі та тверді побутові відходи, коливається у межах від 39 до 180 м³/т, а

вміст метану в біогазовій суміші становить від 45 до 65 %.

Схематично технологічний цикл виробництва та споживання біогазової суміші подано на рис. 1.

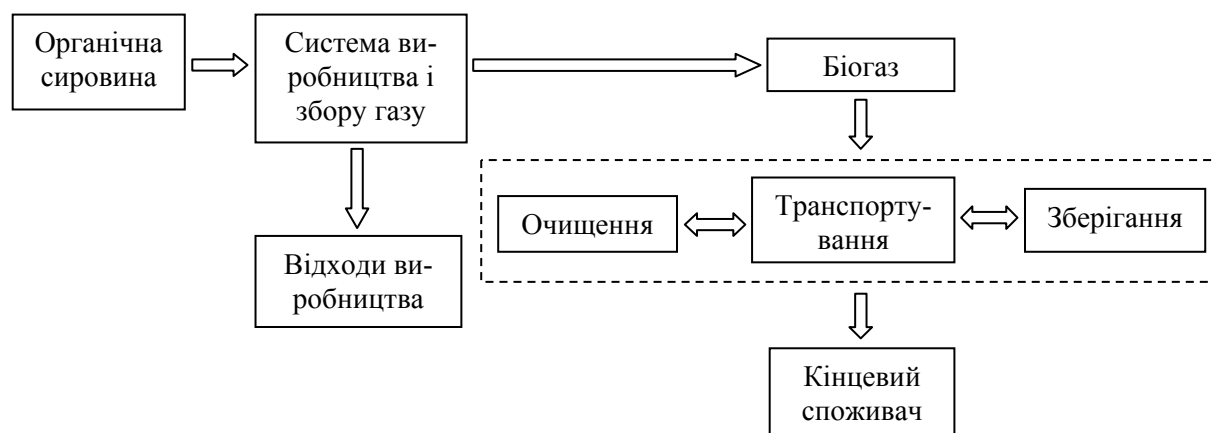


Рисунок 1 – Блок-схема циклу виробництва-споживання біогазу

Біогазова суміш може бути потенційним енергетичним ресурсом для прямого спалювання у промислових технологічних процесах. Як правило, собівартість його виробництва є у рази меншою за вартість природного газу [1,2], а широкий і постійно доступний спектр відповідної сировини уможливує постійне та безперервне забезпечення енергетичних потреб багатьох видів обладнання, зокрема нагрівальних та термічних печей металургійної та машинобудівної промисловості. Їх технологічні вимоги до вмісту баластних та шкідливих домішок у складі біогазової суміші, таких як двооксид вуглецю, азот та сірководень, є відносно низькими, при цьому зберігаються умови термічної обробки та забезпечується дотримання екологічних норм [3]. Такі агрегати повинні без великих матеріальних витрат та додаткових технічних вирішень пристосовуватися до низькокалорійного палива.

Разом із цим проблема ефективності застосування біогазових технологій у зазначених галузях промисловості залишається не менш актуальною. Незважаючи на те, що паливні властивості біогазової суміші є порівняними з природним газом [4], наявність в ньому небажаних компонентів унеможливує пряме спалювання зазначеного енергетичного ресурсу без попередньої обробки навіть у нагрівальних та термічних печах, а використання низькоякісних біогазових сумішей призводить до значних витрат підприємства у вигляді штрафних екологічних санкцій [5]. Модернізація ж агрегатів під низькокалорійне паливо потребує, як мінімум, переобладнання паливних пристроїв, що може бути економічно невигідним, а операційні ви-

трати на попереднє очищення та збагачення біопалива до прийняттого рівня, у деяких випадках можуть сягати розміру капіталовкладень в модернізацію обладнання [6]. До того ж значний вміст баластних домішок у кілька разів збільшує витрату палива, що призводить до невідповідності режимів нагрівання та погіршує тепловий баланс агрегату. Окрім того, висока вартість багатьох сучасних методів, хімічних реагентів та відповідних ресурсів для якісної обробки біогазової суміші робить її використання неефективним та недоцільним.

Аналіз існуючих досліджень, присвячених науковим, технічним та економічним особливостям різних методів обробки біогазової суміші [7,8] показав, що існують прості та відносно дешеві способи, які є привабливими для впровадження у важкій промисловості, особливо в металургії. Так, очищення газоподібного палива від сірководню із застосуванням розчинів солей металів, зокрема сульфату заліза, що є відходами металургійного виробництва [9], може виявитися дуже привабливим і не менш ефективним ніж розповсюджені аналоги. Збагачення паливних сумішей методом водяної абсорбції двооксиду вуглецю із побічним видаленням сірководню, є реальним мало витратним шляхом підвищення якості біогазової суміші для подальшого її спалювання у пічних агрегатах. Прогнозований рівень рентабельності використання біогазових технологій у такому разі має бути високим. Проте, як виявилось, наукова база щодо переведення термічних та нагрівальних промислових печей на зазначений енергетичний ресурс має неструктурований характер, а у питаннях

енергетичних та екологічних аспектів, взагалі є відсутньою, що значно стримує процес розвитку, модернізації та становлення енергетичної незалежності української промисловості.

Постановка завдання. Завданням роботи є розробка схеми та методики ступінчастої обробки та регулювання якості біогазової суміші для ефективного застосування у пічних установках металургійних підприємств.

Основна частина досліджень. Сирий біогаз [10] з доступних для промислових підприємств джерел найчастіше може не відповідати технічним та екологічним показникам його спалювання в нагрівальних та термічних печах, маючи у складі до 45...50 % двооксиду вуглецю та до 1,0...1,5 % сірководню [7], що призводить до значного перевищення максимально допустимої концентрації шкідливих речовин у викидах, тому вміст зазначених компонентів має бути зменшено. Як виявилось, існуючі комбіновані схеми збагачення та очищення біогазової суміші за послідовним принципом із можливістю дося-

гнення його мінімально-необхідної якості потребують суттєвих капітальних вкладень, оскільки кожний етап обробки потребує застосування обладнання максимальної потужності для перепуску всього необхідного обсягу газу. Такий підхід виправдовує себе, з економічної точки зору, лише в окремих випадках, коли висуваються високі вимоги щодо кінцевої якості енергетичного ресурсу.

Запропонована схема багатоступінчастої обробки біогазової суміші за паралельним принципом відкриває можливість одержання необхідної якості палива шляхом управління витратою біогазової суміші на кожному етапі очищення та збагачення за мінімально-необхідної потужності відповідного обладнання. У такому разі витрати в систему різко зменшуються за можливості регулювання хімічного складу біогазової суміші у широких межах залежно від конкретних умов.

Схему зазначеної технології подано на рис. 2.

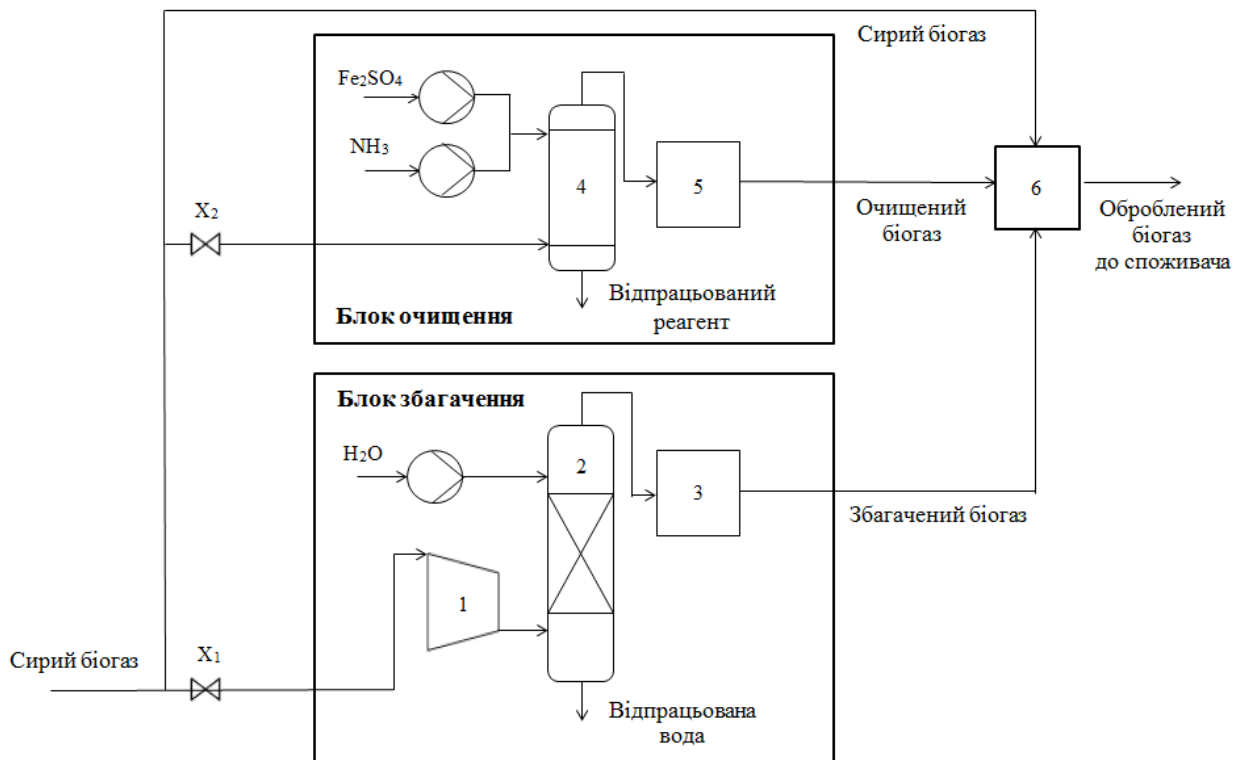


Рисунок 2 – Блок-схема технології паралельної обробки біогазу для потреб промислових споживачів (позначення у тексті)

За цим принципом витрата біогазу, що поступає з мережі може розділятися на частку X_1 (від 0 до 1), яку піддають максимальному збагаченню, решту газу X_2 (від 0 до 1), що максимально очищують, виходячи з технологій, включених до схеми, а також залишок потоку,

який може не підлягати обробці взагалі. Потрібну якість палива на виході з системи досягають змішуванням у блоці (6) необхідних пропорцій одержаних біогазових сумішей.

У запропонованому циклі видалення двооксиду вуглецю відбувається в скрубєрі безперер-

вного промивання (2) шляхом абсорбції зворотною технічною водою, куди під тиском, що створюють за допомогою компресора (1), подають сирий біогаз. Додатково побічно видаляють кисень та сірководень, при цьому до метану, водню та азоту в складі біогазової суміші така технологія є відносно нейтральною. В схемі передбачено блок доочищення збагаченого енергетичного ресурсу (3) від надмірної вологи чи незначних домішок. Хоча за цим методом і відбувається часткове зменшення концентрації сірководню, проте воно може виявитися недостатнім, на відміну від високого, як для вимог печей, рівня збагачення.

В установці з очищення біогазової суміші від сірководню як сорбенти використовують водний розчин сульфату заліза та аміачну воду. Перший реагент міститься у відпрацьованій сульфатній кислоті як побічний продукт процесу травлення сталі, тому для підприємств чорної металургії його утилізація із метою використання в біогазових технологіях є дуже вигідною та може стати майже безвратною.

Система очищення біогазової суміші працює наступним чином: газ пропускають через спеціальний резервуар (4), секційно заповнений водними розчинами сульфату заліза (Fe_2SO_4) та аміаку (NH_3). Насичений сорбент відводять з системи, а свіжі реагенти періодично закачують до установки. Очищена біогазова суміш може подаватися додатковому сушінню у блоці (5). Згідно із дослідженнями роботи [11] метод дозволяє забезпечити селективне майже повне видалення сірководню при втратах інших компонентів не більше ніж 1,0 %.

Перевагою запропонованої схеми паралельної ступінчастої обробки біогазу в умовах металургійних підприємств є те, що вона дозволяє підібрати необхідні характеристики обладнання для широкого діапазону якості вихідного енергетичного ресурсу, коли використання біогазових технологій стане доцільним та ефективним. В технологічному процесі виключено подальшу регенерацію абсорбованих компонентів та первинних реагентів, через що питомі капітальні витрати на впровадження всієї системи зменшуються у 2...3 рази.

Раціональне вибирання кінцевої якості біогазової суміші залежить від багатьох аспектів та граничних умов. До цих факторів можна віднести:

- продуктивність, тип та характеристику пічної установки;
- необхідну теплову потужність;
- витрати ресурсів на обробку суміші до заданої якості;
- капітальні вкладення в запропоновану систему та модернізацію обладнання під біогазову суміш;
- екологічні штрафи й експлуатаційні витрати та збитки під час використання низькоякісного палива;
- технологічні вимоги.

Отже, в Україні як ніколи актуально розвивати біогазові технології та організувати їх використання в промисловості. Даний напрямок є потенційним для створення нової програми ресурсо- та енергозбереження, без якої не можливий подальший розвиток держави в сучасних економічних умовах. Розширення об'єму ефективного використання потенціалу органічних відходів на всіх стадіях виробництва продукції є важливим та необхідним етапом розвитку такої енергетики, яка рано чи пізно має стати передовою в українській промисловості та послабити енергетичну залежність України від традиційних викопних енергетичних ресурсів. Головним фактором ефективного використання біогазової суміші є її собівартість, що може змінюватися у широких межах, та питома вартість методів очищення, які, як правило, додають 20...100 % до початкової ціни.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В Україні, за існуючих високих тарифів на природний газ, використання біогазової суміші, що є відносно низькою за собівартістю, в якості альтернативи, є як ніколи актуальним, особливо для термічних та нагрівальних печей металургійної галузі промисловості. Підтверджено існування всіх умов вигідного в такому разі застосування біогазових технологій. Для ефективного використання останніх запропоновано схему ступінчастої обробки та регулювання якості біогазової суміші в умовах промислових підприємств, де можливим є використання різних технологій та ресурсів, виходячи з економічної доцільності та вимог до технології нагрівання.

Наведені результати стануть основою для подальших досліджень можливості застосування біогазової суміші в умовах металургійних підприємств Запорізького регіону та етапом створення відповідного інструментарію підвищення ефективності таких технологій.

Бібліографічний список

1. **Кернасюк, Ю. В.** Науково-методологічні підходи до визначення собівартості виробництва та економічної ефективності продукції біоенергетичної утилізації гною [Текст] / Ю. В. Кернасюк // Економічні науки : наукові праці КНТУ. – 2010. – Вип. 17. – С. 164-171. – Бібліогр.: с. 171.
2. **Гавриш, В. І.** Визначення економічно доцільного напрямку використання біогазу [Текст] / В. І. Гавриш // Економіка агропромислового виробництва. – 2014. – № 3. – С. 24-29. – Бібліогр.: с. 29.
3. **Бирюков, А. Б.** Энергоэффективность и качество тепловой обработки материалов в печах [Текст]: монография / А. Б. Бирюков, Ф. В. Недопекин, В. Н. Ткаченко. – Донецк : Ноулидж (Донецкое отделение), 2012. – 247 с. – Бібліогр.: с. 240-247. – 150 экз. – ISBN 978-617-579-372-5.
4. **Биогазовые установки.** Практическое пособие [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf. – Дата обращения: 02.12.2015.
5. **Сизоненко, О. А.** Возможность и необходимость реализации стратегий экологического управления на промышленных предприятиях [Текст] / О. А. Сизоненко // Економіка : проблеми теорії та практики : збірник наукових праць ДНУ. – Дніпропетровськ, 2005. – Вип. 204. – Т. 1. – С. 265-271. – Бібліогр.: с. 271.
6. **Лучшие методы реализации биогазовых энергетических проектов** ТБО [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.uabio.org/img/files/docs/toolsres-lfg-ru.pdf> – Дата обращения: 03.12.2015.
7. **Куріс, Ю. В.** Біогазові технології. Енергетичні та екологічні аспекти [Текст] : монографія / Ю. В. Куріс, І. Ф. Червоний. – Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2010. – 488 с. – Бібліогр.: с. 443-475. – 300 прим. – ISBN 978-966-8462-39-9.
8. **Гелетуха, Г. Г.** Перспективи виробництва та використання біогазу в Україні [Текст] / Г. Г. Гелетуха, П. П. Кучерук, Ю. Б. Матвеев. – Київ : Біоенергетична асоціація України, 2014. – Аналітична записка. – № 11. – 42 с. – Бібліогр.: с. 41-42.
9. **Капустянюк, П. А.** К вопросу автоматизации процесса непрерывного травления углеродистой стали в условиях неопределенности [Текст] / П. А. Капустянюк, О. О. Илюнин, А. Ю. Перевертайленко // Наукові нотатки : міжвузівський збірник. – Луцьк, 2011. – Вип. 32. – С. 147-153. – Бібліогр.: с. 153.
10. **Баадер, В.** Биогаз : теория и практика [Текст] / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного. – М. : Колос, 1982. – 149 с. – Бібліогр.: с. 137-145. – 1500 экз.
11. **Шестерникова, Р. Е.** Результаты опытно-промышленных испытаний технологии очистки газа от сероводорода с образованием малорастворимого в воде сульфида железа [Текст] / Р. Е. Шестерникова // Нефтепромысловое дело : ВНИИОЭНГ. – 2007. – № 7. – С. 54-56. – Бібліогр.: с. 56.

Стаття надійшла до редакції 09.12.2015 р.
Рецензент, проф. О.В. Волков

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука
<http://www.zgia.zp.ua>