



Пудла А. І.  
НМетАУ

## Проблеми використання біогазу в металургії

*Розглянуто можливість зменшення об'єму використання природного газу через залучення біогазу, зокрема і в металургійному виробництві шляхом використання сучасних пальникових пристроїв. Іл. 2. Табл. 1. Бібліогр.: 6 найм.*

**Ключові слова:** паливо, природний газ, біогаз, пальниковий пристрій

*Were considered the possibility of reducing the volume of natural gas use by involving biogas, in particular in metallurgy production through the use of modern burners.*

**Keywords:** fuel, natural gas, biogas, burner

### Постановка проблеми

Світова екологічна наукова спільнота вже давно звернула увагу на необхідність заміни традиційних видів палива на відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), крім того, ця проблема в сьогоденні умовах для України все більш гостро постає у зв'язку з вирішенням питання енергетичної незалежності. В металургійній промисловості, як в одній із найбільш енерговитратних, використовується дефіцитний і наразі дорогий природний газ (ПГ), а власне металургійний комплекс стає заручником політичної ситуації. 1 жовтня 2014 р. Кабінетом міністрів України було затверджено «Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р.», згідно якого передбачається збільшення частки відновлюваних джерел енергії у загальному балансі встановлених потужностей до рівня близько 20 % до 2020 р. [1].

З огляду на це все більшої популярності набуває використання біопалив, зокрема і в металургійному виробництві. Під поняттям біопаливо слід розуміти джерело енергії отримане з біологічної сировини, джерелами такої сировини можуть бути відходи АПК, тваринницьких ферм, відходи харчової промисловості, залишки твердих побутових відходів, станції аерації тощо. Виділяють рідке (біоетанол, биометанол, біодизель), тверде (дрова та солома) та газоподібне паливо (біогаз).

### Аналіз останніх публікацій

Проблемами виробництва та використання альтернативних видів енергоресурсів займаються багато науковців, не лише вітчизняних, а й закордонних. Щорічно проводяться конференції, семінари, наукові виставки. Незважаючи на те, що зазначена проблема посідає чільне місце в дослідженнях та наукових працях, залишається чимало невирішених питань науково-практичного змісту, що потребують подальшого дослідження та вирішення.

### Мета роботи

Дослідження можливостей зменшення використання природного газу на металургійних підприємствах задля зменшення рівня енергетичної залежності виробництва, шляхом використання відновлювальних джерел енергії, а саме біопалив, як природного і більш дешевого аналогу природного газу.

### Виклад основного матеріалу

Дніпропетровщина – один із найбільш промислово розвинених регіонів України. На території нашої області діє більше 20 металургійних підприємств. Продукція даної галузі лише в місті складає близько 7 % від загального обсягу виробництва чорної металургії України, в том числі: труб – 51,4 %, сталі – 5,3 %, чавуну – 5,0 %, прокату – 4,4 %, коксу – 4,0 %. Для отримання готової продукції заготовку спочатку необхідно нагріти до заданої температури у нагрівальних печах різних видів, кількість яких по всіх заводах досягає кількох сотень. Основне паливо для всіх цих печей та установок – природний газ [2]. За 9 місяців 2014 р. в цій галузі загалом було використано 1912 млн м<sup>3</sup> природного газу, а середньодобове використання ПГ склало – 7 млн м<sup>3</sup> [3]. Для зменшення цих показників можливе використання біогазу, як більш дешевого та екологічно чистого аналогу.

Біогаз – це продукт анаеробного бродіння органічної речовини, склад якого залежить від багатьох факторів в процесі його утворення: сировини, температури бродіння, наявності каталізаторів, фізичних показників тощо. Однак найбільший вплив на якісний склад вихідного продукту має початковий продукт – субстрат, з якого власне і утворюється біогаз. Кожен субстрат в свою чергу складається з більш простих речовин – білків, жирів, простих та складних вуглеводнів, неорганічної субстанції та води – співвідношення яких зумовлює вихід біогазу. Тим

не менш, приблизно встановлена кількість біогазу, що може бути отримана при переробці певних сільськогосподарських відходів, сумішей та залишків (таблиця) [4].

Таблиця

**Вихід метану (біогазу) при метановому зброджуванні сільськогосподарських відходів**

Органічні відходи	Вихід CH <sub>4</sub> , м <sup>3</sup> /кг	Вміст CH <sub>4</sub> , %
Послід індичок	0,640	62,0
Молочні відходи	0,625	82,0
Свинячий гній	0,580	77,5
Послід курей	0,370	54,0
Гній биків + меласа	0,300	48,0
Гній биків	0,290	56,2
Силосні відходи	0,250	84,0
Гній биків + солома	0,220	52,0
Гній корів	0,208	55,0

Для використання на виробництві отриманий з різних видів субстрату та за різних умов утворення БГ необхідно очищувати. Очищений біогаз за своїми енергоємними показниками майже дорівнює природному газу (1 м<sup>3</sup> БГ ≈ 0,93-0,98 м<sup>3</sup> ПГ) і складає близько 35 МДж/м<sup>3</sup>.

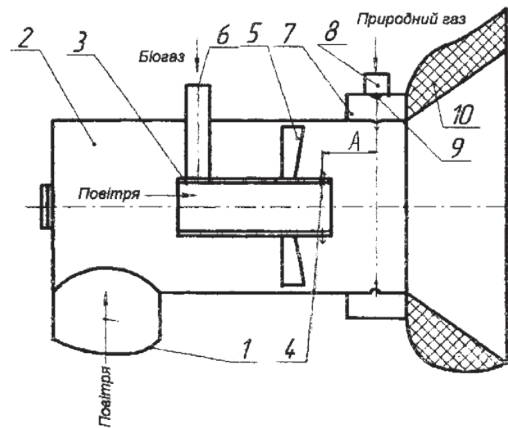
Стосовно складу ПГ та БГ можна сказати, що основний компонент у них однаковий – CH<sub>4</sub>, різна лише його кількість, а також склад попутних компонентів може відрізнятися. До складу природного газу можуть входити більш важкі вуглеводні – етан (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), пропан (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), бутан (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), а також: водень (H<sub>2</sub>), сірководень (H<sub>2</sub>S), діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>), азот (N<sub>2</sub>). До складу БГ також входить діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>), сірководень (H<sub>2</sub>S), водень (H<sub>2</sub>) та інші домішки в невеликих кількостях.

Отже ці види палива подібні, однак є і ряд відмінностей. Наприклад, щільність біогазу вища за щільність природного газу, і складає 1,13-1,27 кг/м<sup>3</sup> (щільність ПГ = 0,68-0,85 кг/м<sup>3</sup>). Тому для зменшення витрат дорогого природного газу пропонується часткова заміна біогазом.

На сьогоднішній день вже існують пристрої для спільного спалювання природного газу і біогазу. Наприклад, пальниковий пристрій для спільного спалювання природного газу і біогазу (рис. 1).

Пальниковий пристрій містить підключений до повітропроводу 1 корпус 2 пальника. Всередині корпусу співвісно розміщений кільцевий колектор 3 для подачі біогазу, виконаний двома співвісними трубами різного діаметра з закритим вихідним торцем і соплами 4 на вихідному кінці бокових стінок труби більшого діаметру, на який також встановлений співвісно лопатевий завихрювач 5 перед соплами. До труби більшого діаметра кільцевого колектора 3 при-

єднаний патрубок 6 для подачі біогазу. На вихідному кінці корпусу 2 периферійно встановлена кільцева газова камера 7 з патрубком для подачі природного газу 8 і соплами 9 по її колу, з'єднана з амбразурою пальника 10. Сопла для виходу біогазу в кільцевому колекторі і сопла для подачі природного газу в газовій камері спрямовані назустріч один одному і розташовані на відстані A = 0,15÷0,25 D (D – діаметр кільцевої газової камери) один від одного.



**Рис. 1. Пальниковий пристрій для спільного спалювання природного газу і біогазу**

Пальниковий пристрій працює наступним чином. В корпус пальникового пристрою через повітропровід 1 подають повітря, яке закручують лопатевим завихрювачем 5. Біогаз подають через патрубок 6 у пальниковий кільцевий колектор 3 і через сопла – у корпус, де його змішують з повітрям після лопатєвого завихрювача. Природний газ подають через патрубок 8 у газову камеру 7, а потім через сопла – в корпус, де здійснюється змішування суміші повітря і біогазу з природним газом. Суміш, що утворилася, подають в амбразуру, де і відбувається її спалювання [5].

Але конструкція цього пальника має ряд вад. Розташування біогазових сопел в кінці кільцевого колектора (тобто ближче до амбразури) зменшує шлях змішування дуже забаластованого біогазу з повітрям і, тим самим, знижує якість змішування і збільшує довжину факела, а також можливість появи в продуктах згорання палива оксидів вуглецю зверх нормативного рівня. Відкритий передній торець зазору між трубами біогазу і попереднього змішування повітря з біогазом, що створює реальну можливість до утворення локальної вогнєнебезпечної суміші, і може привести до хлопка і виходу пальника з ладу. Крім того, виробництво біогазу неритмічне, при цьому накопичення біогазу недостатнє для стабільного використання як палива. Навіть станції аерації, що виробляють біогаз в порівняно великих об'ємах, не є постійним і надійним

постачальником цього палива до своїх котельень. Всі інші опалювальні котельні в системах теплопостачання міст і селищ біогазу взагалі не використовують. В умовах відсутності біогазу пальник працює на основному паливі – природному газі в нормальному режимі тільки в межах навантаження від 100 % до 40 % (наприклад, в котлах ДЕ-16). Далі при зниженні навантаження спалювання газу попадає (входить) в режим вібраційного горіння, що призводить до неприємного сприйняття шуму і самої вібрації, яка, як свідчить практика, може приводити до руйнації обладнання поблизу пальника.

Існує також інший винахід – універсальний пальниковий пристрій для спалювання природного газу і біогазу (рис. 2) [6]. Пальник містить підключений до повітропроводу 1 циліндричний корпус 2, всередині якого співвісно розміщений кільцевий колектор 3, виконаний з двох співвісних труб – зовнішньої 4 і внутрішньої 5, розташованих як труба в трубі і, отже, з зазором по колу вздовж всієї довжини колектора. Посередині зазору встановлено кільцеву перегородку 6, яка розділяє весь зазор на вхідну 7 і вихідну 8 частини. З торців зазор закритий заглушками 9 і 10 по колу. На вхідному кінці зовнішньої труби кільцевого колектора розташовані біогазові сопла 11 і патрубок 12 для подачі біогазу до вхідної частини кільцевого колектора, а в вихідному кінці – сопла додаткового природного газу 13 і патрубок 14 для подачі додаткового природного газу до вихідної частини кільцевого колектора. В вихідній частині циліндричного корпусу пальника встановлена кільцева газова камера 15 з патрубком 16 для подачі основного природного газу та газовими соплами 17, розташованими по колу кільцевої газової камери. До вихідного торця циліндричного корпусу пальника приєднана амбразура 18 для стабілізації процесу горіння (стабілізації факела від проскоку і відриву). На поверхні зовнішньої труби кільцевого колектора посередині встановлений лопатковий завихрювач 19 для закручування дуттвового повітря в циліндричному корпусі пальника, а вихідна частина внутрішньої труби кільцевого колектора з'єднана з вхідною частиною амбразури.

Універсальний пальниковий пристрій для спалювання природного газу і біогазу працює наступним чином. Після заповнення водою гідравлічної системи водогрійного котла чи доведення рівня води у барабані парового котла до робочого стану у пальник спочатку подають дуттвове повітря через повітропровід 1 в циліндричний корпус 2 пальника, де його поділяють на первинне повітря і вторинне. Первинне повітря направляють в кільцевий канал ци-

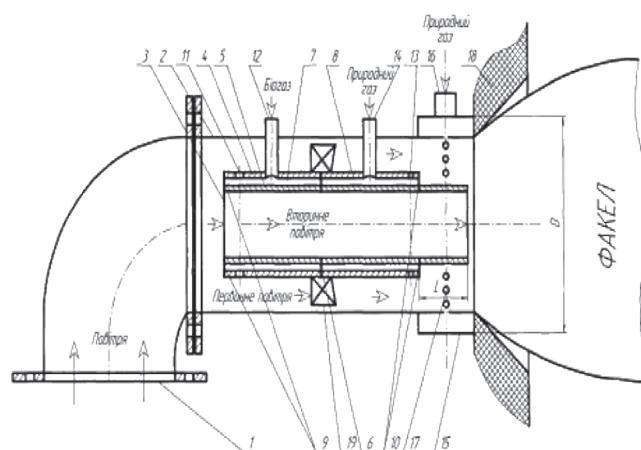


Рис. 2. Універсальний пальниковий пристрій для спалювання природного газу і біогазу

ліндричного корпусу пальника, створений внутрішньою стінкою корпусу і поверхнею зовнішньої труби 4 кільцевого колектора 3 і закручують його за допомогою завихрювача 19. Вторинне повітря подають центральним прямоотоком через внутрішню трубу 5 кільцевого колектора безпосередньо у зону горіння. Після цього у пальник подають паливо. Основний природний газ через патрубок 16, газову камеру 15 і газові сопла 17 подають в корпус пальника поблизу з'єднання його з амбразурою 18. Одночасно при цьому біогаз через патрубок 12, зазор 7 і сопла 11 подають в первинне повітря, а додатковий природний газ через патрубок 14, зазор 8 і сопла 13 – в закручену суміш первинного повітря з біогазом. Завдяки встановленню у зазорі кільцевого колектора перегородки 6 і заглушок 9 і 10 виключається можливість змішування в зазорі первинного повітря з біогазом і біогазу з додатковим природним газом і це не дозволяє створення навіть локальної паливоповітряної суміші і можливості хлопка чи вибуху. Закручену паливоповітряну суміш в кінці кільцевого каналу змішують з основним природним газом і створюють суміш первинного повітря з основним природним газом, біогазом і додатковим природним газом, тобто одержують суміш всього палива з недостатньою кількістю повітря (багату суміш), яку підпалюють. В цей же час вторинне повітря прямоотоком подають до фронту горіння і, тим самим, організовують двостадійне спалювання палива. Факел через амбразуру 18, входить у топку котла.

Описані винаходи автори рекомендували використовувати у промислових парових та водогрійних котлах. Однак зазначена технологія може бути використана і у металургійних кільцевих та нагрівальних печах. Аналіз особливостей конструкції розглянутих пальникових пристроїв дозволяє рекомендувати їх щодо використання в нагрівальних колодязях та прохідних та кільцевих печах нагріву металевих заготовок.

**Висновки**

1. Описані вище пристрої мають важливе значення для наближення України до енергетичної незалежності в різних сферах промисловості, зокрема і в металургійному виробництві.

2. Враховуючи технологічні особливості отримання біогазу його хімічний склад та калориметричні властивості характеризуються змінними в часі показниками. Ці обставини потребують проведення ряду досліджень щодо вдосконалення технології сумісного використання біогазу та природного газу і конструкції пальникових пристроїв.

**Бібліографічний список**

1. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року.

2. Чесноков Ю. Н., Лисиенко В. Г., Лаптева А. В. Разработка графов эмиссии диокси-

да углерода металлургическими предприятиями // *Металлург.* – 2012. – № 12. – С. 23-26.

3. Аналитика 9 месяцев 2014 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metallurgprom.org/?p=1463>.

4. Шомин А. А. Биогаз на сельском подворье. – Балаклея: Информационно-издательская компания «Балаклійщина», 2002. – 68 с.

5. Сігал І. Я., Сігал О. І., Колчев В. О. // Опис до патенту на винахід «Пальниковий пристрій для спільного спалювання природного газу і біогазу».

6. Лавренцов Є. М., Скрипко В. Я., Кучин Г. П., Кернажицька О. С. // Опис до патенту на винахід «Універсальний пальниковий пристрій для спалювання природного газу і біогазу».

**Поступила 31.03.2015**

УДК 331.45

Виробництво

Лапшин О. Є. /д. т. н./, Гурін А. О. /д. т. н./,  
Лапшин О. О. /д. т. н./, Радіоненко Б. М. /к. т. н./  
КНУ

## **Удосконалення профілактичних заходів щодо попередження нещасних випадків і аварій на гірничих підприємствах**

*У статті наведено аналіз фактичного рівня виробничого травматизму у видобувній галузі, який свідчить про незадовільний стан виконання заходів щодо поліпшення умов та безпеки праці і попередження виникнення аварій. Запропоновано комплекс превентивних заходів, серед яких: впровадження інноваційних технологій в гірничорудне виробництво, спеціальне навчання технічного персоналу вимогам технологічних регламентів з безпечної експлуатації гірничих машин, а також нових форм організації технічного нагляду державного, відомчого і громадського контролю за станом охорони праці та промислової безпеки на підприємствах галузі. Визначені шляхи спрощення та підвищення якості розслідування нещасних випадків, які відбуваються на гірничорудних підприємствах. Бібліогр.: 11 найм.*

**Ключові слова:** *нормативно-правовий акт, профілактичний захід, об'єкт підвищеної небезпеки, нещасний випадок, європейські стандарти, державний контроль, відомчий нагляд*

*This article describes an analysis of the factual level of industrial injuries, which indicates to the unsatisfactory implementation of the measures for improving working conditions, occupational safety and the prevention of accidents. It was proposed, the complex of preventive measures which includes: introduction of innovative technologies in mining industrial, special training of technical personnel the requirements of technological regulations in safe operation of mining machines, and also new organizational forms of technical supervision in government, departmental and public monitoring of occupational safety at the enterprises. The ways of simplifying and improving the quality simplifying and improving the quality of investigation of accidents that take place in mining enterprises were determined.*

**Keywords:** *regulatory legal act, European standards, government control, departmental supervision*

**Мета дослідження**

Попередження нещасних випадків і аварій на гірничих підприємствах шляхом удосконалення профілактичних заходів з безпеки праці.

**Постановка проблеми**

Не зважаючи на те, що протягом останнього десятиріччя в гірничодобувній промисловості спостерігається тенденція до зниження рів-