

## ГІПОТЕЗА ЩОДО МОЖЛИВОСТЕЙ ВИДІЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ «ВОДЯНОГО ГАЗУ» У ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛАХ

### *Анотація*

У матеріалах даної доповіді зроблений аналіз можливих варіантів видобування «водяного газу» безпосередньо у топках твердопаливних котлів. Запропонований власний спосіб відокремлення водню із пари води, що додатково подається в зону горіння. Цей спосіб базується на застосуванні спеціальних каталізаторів, які надають можливість здобування певної кількості водню, наявність якого в зоні горіння призводить до підвищення ефективності котельного агрегату.

**Ключові слова:** твердопаливний котел, водяний газ, водень, каталізатор, метод розрахунку, топка.

### *Summary*

The materials of this report have made an analysis of possible options for the extraction of "water gas" directly in furnaces of solid fuel boilers. The proprietary method of separating hydrogen from a water vapor, which is additionally fed into the combustion zone, is proposed. This method is based on the use of special catalysts, which provide the possibility of obtaining a certain amount of hydrogen, the presence of which in the combustion zone leads to an increase in the efficiency of the boiler unit.

**Key words:** solid fuel boiler, water gas, hydrogen, catalyst, calculation method, furnace.

### **Вступ**

Водень — екологічно чистий енергоносіє, до того ж практично невичерпний. Проте перехід енергетики на водневе паливо поки гальмують великі витрати енергії, необхідні для отримання водню з води процесом електролізу і відсутність якісних технологій інших способів отримання водяного газу.

У всьому світі вчені працюють над технологією розкладу води з метою отримання дешевої екологічно чистої енергії. На даний час застосовують метод електролізу, що відбувається при напрузі 1,6—2,0В та величині сили струму в десятки і більше ампер. Найсучасніші електролізери витрачають на одержання одного кубометра водню більше енергії, ніж можна отримати при його спалюванні.

При спалюванні одного кілограма водню отримують енергію в 120,9 МДж, або 33,6 кВт. З одного кілограма маси водню можна отримати понад 1200 літрів газу. У 1 літрі ННО міститься 0,667 літрів водню. Для отримання чистого водню в об'ємі 1 літр потрібні енерговитрати в 4,5Вт. Помноживши кількість необхідної енергії для отримання одного кілограма водню отримуємо 49,95 кВт. Віддача теплової енергії при згоранні 1 кг водню, в еквіваленті – 33,6кВт. Прямі втрати складають біля 32,7%. Хоча для електромобіля в якого є достатньо енергії холостого ходу на генератор, що підвищує коефіцієнт корисної дії і може скласти біля 100%, так як генератор постійно знаходиться в роботі.

Однак, водень як паливо для опалення будівель дуже рано скидати з рахунків тому, що безліч груп дослідників ведуть пошуки нових ефективних методів отримання водню. Окрім електролізу на даний час відомі нові технології розкладу води на атомарний газ в топках при спалюванні деревини за рахунок використання різного виду каталізаторів як в конструкції самого пальника так і в суміші води, що подається в зону горіння.

### **Результати дослідження**

Як ефективний каталізатор для розщеплення води на водень і кисень, що працює в середовищі з нейтральним рН-фактором і при нормальній температурі, можуть виступати деякі кисневмісні сполуки платина, кобальт. Кобальт є більш поширеною в природі речовиною і тому він відносно недорогий. Використання кобальтових каталізаторів може зіграти велику роль в реалізації планів переходу людства на альтернативні джерела енергії і палива.

Окрім електролізу, один із способів отримання «водяного газу» з пари води при горінні, що включає пропускання пари через електричне поле, використовують перегрітий пар з температурою 500-550<sup>0</sup>С і пропускають його в топці через електричне поле постійного струму високої напруги, викликаючи тим самим дисоціацію пари і поділ на атоми водню і кисню.

Температура займання водню від 580 до 590<sup>0</sup>С, розкладання води повинно бути нижче порога запалювання водню. Електронний зв'язок між атомами водню і кисню при температурі 550<sup>0</sup>С ще достатній для утворення молекул води, але орбіти електронів вже спотворені, зв'язок з атомами водню і кисню ослаблена. Для того, щоб електрони зійшли зі своїх орбіт і атомний зв'язок між ними розпався, необхідно електронам додати ще енергії, але не тепла, а енергію електричного поля високої напруги. Тоді потенційна енергія електричного поля перетворюється в кінетичну енергію електрона. Швидкість електронів в електричному полі постійного струму зростає пропорційно квадратному кореню напруги, прикладеного до електродів.

Розкладання перегрітої пари в електричному полі може відбуватися при невеликій швидкості пари, а таку швидкість пари при температурі 550<sup>0</sup>С можна отримати тільки в незамкненому просторі.

Спосіб «залізопаровий» добування водню, полягає у відновленні гідрогену з водяної пари залізом за високої температури, коли «водяний газ» разом з водяною парою за температури 400<sup>0</sup>С пропускають над каталізатором (оксид феруму чи кобальту), внаслідок чого карбон(II) оксид взаємодіє з водою і перетворюється на вуглекислий газ (так звана конверсія СО),  $CO + H_2O(пара) = CO_2 + H_2$ .

Відносно нагрівання, вода є досить стійкою сполукою. Вона практично не розкладається під час нагрівання до температури 1200<sup>0</sup>С, і тільки за вищих температур термічно дисоціює на атом **H** і групу **OH**.

Ще один із способів, за температури понад 1300<sup>0</sup>С водяна пара взаємодіє з розжареним коксом з утворенням водяного газу, який є сумішшю водню з карбон(II) оксидом. Вода, маючи підвищений поверхневий натяг, потрапляючи в зону горіння випаровується повільно, але температура горіння дров в зоні горіння висока, і достатня для інтенсивного випаровування її верхнього шару і утворення невеликої кількості водяного газу з молекул води і каталізатора, що проходять крізь нижню (каталітичну) і середню по висоті полум'я середніх температурних зон.

Термічне розкладання води при спалюванні дров, або вугілля на її хімічні компоненти, ряд хімічних реакцій з повітрям і каталізатором призводить до створення декількох паливних речовин і їх часткового займання у верхній, високотемпературній частині полум'я.

Ефективність приведенного процесу залежить від концентрації пари, швидкості руху молекул крізь температурні зони, величини температур цих зон, протяжності зон, а також каталітичних чинників.

Для отримання пари необхідно підготувати пристрій, що поміщається в основі полум'я. Перегріта водяна пара виходить з пристрою через низку отворів і проходить крізь вугілля, що горить і є одним із каталізаторів процесу виникнення «водяного газу».

При цьому вогнище частково переходить в режим горіння. Горюча газова суміш, що отримується при розкладанні водяної пари H<sub>2</sub>O розжареним вугіллям С, має наступний, в граничному ступені чистоти, склад: об'ємом 50% водню і 50% окису вуглецю. Звичайно ж водяний газ містить, окрім названих складових частин, домішки вугільної кислоти, азоту і болотного газу. Склад «водяного газу» змінюється залежно від способу його отримання і початкового складу пального.

При визначенні нагрівальної здатності водяного газу і калорійності необхідно мати на увазі кількість тепла, що виділяється при згоранні газу.

Порівняння «водяного газу» з іншими газами по температурах горіння:

- кам'яновугільного (світільного) газу  $t = 2700^{\circ}C$ ;
- генераторного газу  $t = 2350^{\circ}C$ ;
- водяного газу  $t = 2859^{\circ}C$ ;
- водню  $t = 2669^{\circ}C$ ;
- окислу вуглецю  $t = 3041^{\circ}C$ .

Тепловий ефект «водяного газу» є більш ефективний, оскільки в регенеративних топках повітря для горіння газоподібних видів палива нагрівається за рахунок частини тепла, що відводиться з топки.

Один складометр дров при спалюванні в системі опалення на практиці еквівалентний 200 м<sup>3</sup> газу. Теоретично вища теплотворна здатність деревини визначається як сума теплотворних здатностей її елементів і вираховується:

$$Q(\text{BTЗ}) = 81\text{C} + 300\text{H} - 26\text{O}$$

де: С, Н і О – процентний склад в деревині вуглецю, водню та кисню.

Склад абсолютно сухої деревини, незалежно від породи: 49,5% вуглецю, 6,3% водню, 44,1% кисню.

Відповідно:

$$Q(\text{BTЗ}) = 81 \times 49,5 + 300 \times 6,3 - 26 \times 44,1 = 4752,9 \text{ кКал/кг.}$$

На практиці реальна масова теплотворна робоча здатність є нижчою, так як залежить від вологості деревини. При відповідній організації горіння органічних матеріалів в побутовому котлі з додатковим використанням води і каталізатора, можна отримати енергії значно більше ніж при звичайному спалюванню деревини чи вугілля.

### Висновки

На підставі аналізу результатів проведених експериментальних досліджень встановлено, що для прикладу горіння деревини з каталізатором алюмінію або невеликого вмісту каталізатора у воді, температура зони горіння змінюється до 300<sup>0</sup>С. Експериментально підтверджено, що при запропонованій організації процесу горіння органічних матеріалів в твердопаливному котлі з додатковим використанням води і каталізатора, можна отримати енергії значно більше ніж при звичайному спалюванню деревини чи вугілля. Відмічено підняття температури і тривалість горіння, що значно збільшується в часі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тепловой расчёт котельных агрегатов (нормативный метод) [Текст]. – Л.: НПО ЦКТИ, 1973. – 260с.
2. Степанов, Д. В. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності [Текст]: монографія / Д. В. Степанов, Л. А. Боднар. – Вінниця: ВНТУ, ГНК, 2010. – С. 250.
3. Степанов, Д. В. Технічні та екологічні показники водогрійних котлів потужністю до 100 кВт [Текст] / Д. В. Степанов, С. Й. Ткаченко І. Г. Чорна // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 1. – С. 114-117.
4. Фалендиш, А. П. Оцінка ефективності опалювальних котлів [Текст] / А. П. Фалендиш, О. В. Клецька, А. Р. Кутня // Тези доповідей 78-ї Міжнар. наук.-техн. конф. «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті». – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 160. – С. 56.
5. Nussbaumer T. Combustion and co-combustion of biomass: fundamentals, technologies, and primary measures for emission reduction / T. Nussbaumer // Journal Energy & Fuels. – 2003. – Vol. 17. – P. 1510–1521.
6. Yrjola J., Paavilainen J. Modelling and experimental studies on heat transfer in the convection section of a biomass boiler. Int. J. Energ. Res. 2006. Vol. 30 (12). P. 939–953.
7. Neshumayev D. Experimental investigation of various turbulator inserts in gas-heated channels / D. Neshumayev, A. Laid, T. Tiikma // Experimental Thermal and Fluid Science. – 2004. – vol. 28(8). – P. 877-886.

**Коновалов Станіслав Васильович** – керівник Відокремленого структурного підрозділу «Інститут інноваційної освіти Київського національного університету будівництва та архітектури», м. Немирів, e-mail: konovalov.sv@gmail.com

**Коновалова Наталія Петрівна** – викладач Немирівського коледжу будівництва та архітектури Вінницького національного аграрного університету, м. Немирів, e-mail: konovalova.np@gmail.com

**Stanislav V. Konovalov** – Head of the Separate structural unit "Institute of Innovation Education of the Kiev National University of Construction and Architecture", Nemiroff, e-mail: konovalov.sv@gmail.com

**Nataliya P. Konovalova** – teacher of the Nemyrivsky College of Construction and Architecture of Vinnytsia National Agrarian University, Nemiroff, e-mail: konovalova.np@gmail.com