

## ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА

УДК 622.066

Дмитро Грінченко, Роман Брикайло

НУ "Львівська політехніка",

кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій

### МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ CO<sub>2</sub> ЕНЕРГОУСТАНОВКАМИ У ДОВКІЛЛЯ

© Грінченко Дмитро, Брикайло Роман, 2001

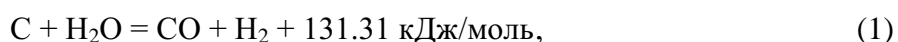
**Shown the possible troop landings underestimation ways into CO<sub>2</sub> atmosphere. In that number by dint of CO<sub>2</sub> selection from fuel gases with following his use in special burner for receipt of new CO fuel and to hydrogen.**

Відомий парниковий ефект, в основному, посилюється викидами в довкілля вуглекислого газу, зокрема і енергетикою. Проблемою є не труднощі вилучення цього компонента з димових газів, що утворилися при спалюванні органічного палива, а його прийнятна утилізація [1].

Серед способів і методів вилучення діоксиду вуглецю достатньо доступним і ефективним є спосіб із застосуванням моноетаноламіну чи диетаноламіну [2].

Частково використати вуглекислий газ можна для отримання "сухого" льоду з його подальшим застосуванням у харчовій промисловості, наприклад, як охолоджуючого робочого тіла, а частково в промисловості як захисного газу при зварювальних роботах [3]. На жаль, іншого реального, а основне, масового споживача CO<sub>2</sub> немає. Можливе також ефективне використання вуглекислого газу в біоенергетичних комплексах, де діоксид вуглецю застосовується як необхідний продукт життєдіяльності мікрободоростей, наприклад, хлорели чи спіруліни, [4], які використовуються далі вже як кормовий білок, чи в парфумерній галузі. Були спроби використати вуглекислий газ як підживлювальний елемент в тепличному господарстві.

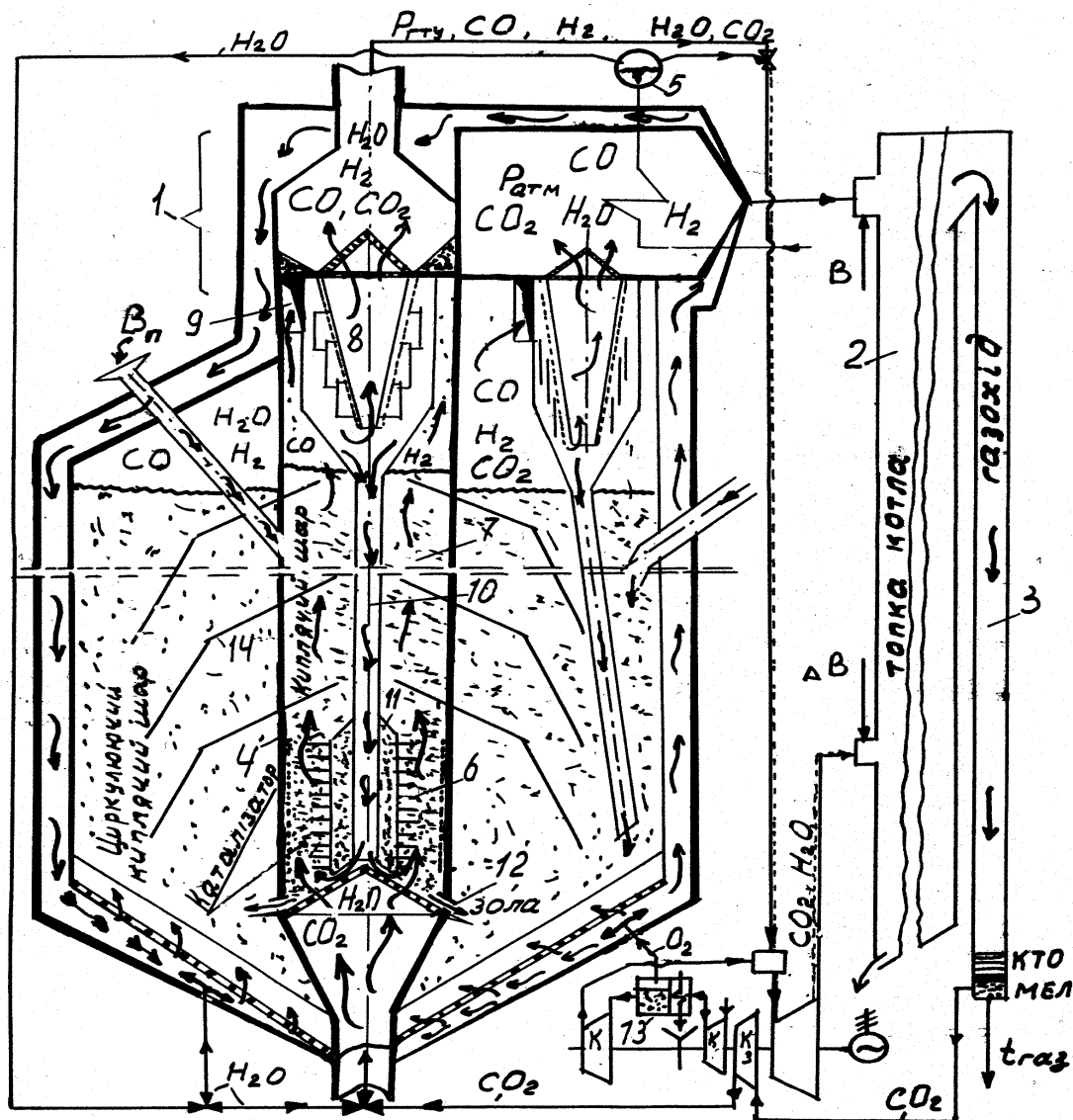
Проте, враховуючи велику масу викиду CO<sub>2</sub> при генеруванні кВт-години електроенергії, найреальнішим підходом до ефективного вирішення проблеми може бути лише, назвемо його так, "регенераційний", іншими словами – "внутрішній", спосіб зменшення викидів цього газу. Суть його (див. рисунок) в тому, що вилучений з димових газів вуглекислий газ знову подається в спеціальний реактор 4, що розташований у передтопку 1, до топки 2 основного котла, де в присутності каталізатора і водяної пари відбувається утворення нового палива "водяного газу" – суміші CO і H<sub>2</sub> спочатку з вуглецю низькоякісного палива, що подане в згаданий реактор 4. Генерування чадного газу і водню з вуглецю в промисловості є давно відпрацьованим [5]. Процес здійснюється при температурі близько 600 °С, є ендотермічним і має такий вираз:



а далі згідно з [9] вже з CO<sub>2</sub>, утвореним у реакторі 4 та вилученим з димових газів за котлом за допомогою моноетаноламіну (МЕЛ) (див. рисунок), можна отримати і високоекологічне паливо метанол за формулою:



Але на рисунку самого утворення метанолу не показано. Чадний газ  $\text{CO}$ , з'єднуючись з водою, дає нові  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2$ , з яких знову отримуємо теж  $\text{CH}_3\text{OH}$  – і далі процес повторюється [9]. Такі установки вже реально існують. Одержаний етанол пропонується тут же використувати як паливо для ГТУ.



Принципова схема передтопка з циркулюючим киплячим шаром та з реактором для генерації нового палива з  $\text{CO}_2$  димових газів

Слід підкреслити, що питання застосування цього процесу для перероблення саме вилученого кислого газу з власних димових газів для зменшення викидів його в довкілля у високоякісне газоподібне паливо (метанол) – раніше взагалі не розглядалося.

На рисунку показано принципову конструкцію пристрою для реалізації згаданого вище технологічного процесу з часткового перетворення вилученого з димових газів  $\text{CO}_2$  у високоякісне паливо у вигляді суміші  $\text{CO}$  і  $\text{H}_2$ , чи метанолу, в принципі отриманого з вуглецю низькоякісного палива. Конструкція пристрою така: 1 – основний передтопок з циркулюючим киплячим шаром (ЦКШ) до топки 2 основного котла з газоходом 3, який закінчується контактним теплообмінним КТО і моноетаноламіновим вловлювачем діоксиду вуглецю МЕЛ.

Отриманий газ  $\text{CO}_2$  далі подається компресором  $K_3$  в спеціальний реактор 4, що розташований всередині передтопка 1, в якому, в присутності дешевих залізного ( $\text{Fe}_n\text{O}_x$ ) чи інших недефіцитних ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  тощо) каталізаторів [6], спочатку одержується суміш  $\text{CO}$  і  $\text{H}_2$ , з підведенням теплоти до неї від спалюваного низькоякісного твердого палива в основному передтопку 1 з ЦКШ. Горіння низькоякісного палива в ЦКШ відбувається, як відомо, при температурному рівні  $800 - 1100^\circ\text{C}$ , що зменшує утворення окислів азоту  $\text{NO}_x$ .

У цій конструкції утворено два контури. Перший – це передтопок 1 з ЦКШ, де "В<sub>п</sub>" – подача низькоякісного твердого палива у другий контур з реактором 4, де власне вуглекислий газ перетворюється у високоякісне газоподібне паливо під дією каталізатора та теплоти, а також добавки водяної пари ( $\text{H}_2\text{O}$ ), що подається з барабана основного котла чи генерується окремо. Пара при цьому, як видно з рисунка, додатково перегрівається в паровій сорочці передтопка, що сприяє ефективнішій роботі як реактора 4, так і передтопка 1 ЦКШ. Нижня частина 6 та середня 7 реактора 4 є генераторною частиною утворення горючих газів з  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ , а верхня, – це циклон 8 – очисною, з входом в неї газу 9. В нижній частині опускної труби 10 циклона 8 розташовано регенеративну систему по теплу 11 з виходом відпрацьованого матеріалу (золи) з реактора 4 через відповідні вивідні канали 12. Передача теплоти з першого контуру 1 до реактора 4 здійснюється тепловими трубами 14, як і теплота регенерації в нижній частині реактора 4.

Оскільки сам реактор 4 працює під тиском  $P_{\text{ГТУ}}$ , то його розміри з цієї причини є достатньо малими. Крім того, масогабаритні показники реактора 4 змінюються не в лінійному масштабі, що робить його при високих тисках значно меншим за розмірами і здешевленим порівняно з реактором на таку саму продуктивність по використаному паливі "В<sub>п</sub>", але за умови роботи останнього під атмосферним тиском  $P_{\text{атм}}$ . Це і дає змогу його достатньо просто скомпонувати безпосередньо в передтопку киплячого шару 1 з ЦКШ.

Наявність реактора 4 під тиском  $P_{\text{ГТУ}} > P_{\text{атм}} = 0.1$  МПа і розташованим всередині передтопку 1 з ЦКШ дає змогу реалізувати отримані газу (паливо), з досить високою вже температурою (понад  $600^\circ\text{C}$ ), безпосереднього для живлення камери згорання ГТУ, не потребуючи для неї, що надзвичайно тепер актуально, природного газу. Проте можна одержати і метанол. Все залежить від поставленого завдання. Але "регенеративне" використання  $\text{CO}_2$ , що є тут метою, можливе лише за умови отримання метанолу. Згідно з літературними джерелами, при тиску  $P_{\text{ГТУ}}$  близько 1.0 МПа конверсія низькоякісного твердого палива в суміш згаданих газів  $\text{CO}$  і  $\text{H}_2$  може досягти понад 90 % [5]. Але для цього необхідно подавати в зону конверсії ще й перегріту пару, що передбачено здійснити, як вже згадувалось, подаючи її з елемента 5 в "парову сорочку" передтопка 1 з ЦКШ і далі в реактор 4. З огляду на потрібність перегрітої пари для ефективного процесу в технології "регенеративного" використання власного  $\text{CO}_2$  та отримання метанолу стає зрозумілою необхідність реалізувати при використанні такого процесу саме ПГУ з її потужною паровою частиною. Це є доречним ще і тому, що цей тип енергоустановки має найвищий ККД.

З першого контуру, тобто з передтопка 1 з ЦКШ, теж виходять газу з високою температурою, але в умовах нашої схеми вони перебувають під атмосферним тиском і тому без проблем скидаються в топку 2 звичайного котла. Отже, ця схема технологічних перетворень низькоякісних твердих палив в суміш паливних газів чи навіть нового палива метанолу може ефективно застосовуватись для модернізації застарілих ТЕС з потужними блоками – тепер тут можлива як надбудова газотурбінної частини, оскільки відсутні непереборні проблеми з паливом для ГТУ, так і нормальна робота звичайного котла на паливних газу з передтопка 1 з ЦКШ.

Для зменшення екологічного забруднення при роботі на низькоякісних паливах у цій технології передбачена, крім застосування циркулюючого киплячого шару із стриманням емісії  $\text{NO}_x$  та  $\text{SO}_2$ , ще й робота згаданого передтопка 1 з ЦКШ на суміші кисню з водяною парою, а не на повітрі та водяній парі, як раніше. Це дає змогу зменшити викиди відпрацьованих газів в довкілля в чотири-сім разів [7]. А досягається це встановленням між ступенями компресора ГТУ К і  $\text{K}_2$  мембранного розділювача повітря 13, МРП, на кисень і азот [8]. Крім того, це дозволяє покращити додатково майже у стільки ж разів масогабаритні та техніко-економічні показники котла та його газоповітряного тракту разом з димовою трубою.

Ця технологія приваблива і тим, що в цьому випадку ТЕС стає, використовуючи низькоякісне паливо для роботи передтопка 1 з ЦКШ, ще й джерелом високоякісного палива, з виробництвом останнього в межах самої теплової станції при зменшених викидах діоксиду вуглецю в довкілля, яке може використовуватися безпосередньо в ПГУ або ж бути високоліквідним товаром.

Робота реактора 4 вимагає затрати теплоти в кількості 131.315 кДж/моль, в той час як при повному горінні вуглецю виділяється теплота в кількості 395.5 кДж/моль. І доведено – якщо не зважати на реальний склад низькоякісного палива, яке трансформується як у передтопку, так і у реакторі 4, у горючі газу, процес має позитивний баланс "отриманої-затраченої" теплоти.

**Висновки.** 1. Розроблена в принципі технологія і конструкція, що її реалізує, зменшення викидів у довкілля газу  $\text{CO}_2$ , з виробленням нового високоякісного і екологічно чистого палива метанолу при спаленні низькоякісного твердого палива.

2. Розглянута технологія, в сукупності з технологією мембранного розділення повітря, дасть змогу не лише ефективно використати низькоякісні тверді палива для реалізації екологічно чистих процесів генерування електроенергії, але й різко зменшити капітальні витрати в паливоспалювальну техніку.

3. Ця технологія дасть змогу застосовувати ГТУ при реконструкції застарілих ТЕС, створюючи високоефективні парогазові установки без потреби у природному газі чи у іншому високоякісному паливі для роботи власне газової турбіни.

1. Грінченко Д. До проблем зниження викидів  $\text{CO}_2$  в довкілля в енергетиці // Вісн. ДУ "Львівська політехніка". Спеціальний випуск. 1-ша Міжнародна науково-практична конференція "Проблеми економії енергії", 16-19 червня 1998 р. – Львів. 2. Лейтес И.Л., Сухотина А.С., Язвикова Н.В. Условия стабильной работы установок моноэтаноламиновой очистки газа от  $\text{CO}_2$  // Химическая промышленность. 1977. № 3. С. 23-28. 3. Пименова Т.Ф. Производство и применение сухого льда, жидкого и газообразного диоксида углерода. – М. 1982. 4. Шаповалов Л.В. Ферма завтрашнего дня // Энергия: экономика, техника, экология. 1987. № 5. – С. 33-35. 5. Хоффман Е. Энерготехнологическое использование угля. – М. 1983. 6. Storch, H.H. Tze Fischer-Tropsch and Related Processes for Synthesis of Hydrocarbons by Hydrogenation of Carbon Monoxide in Advances in Catalysis, Vol.1, New York 1948), P. 115-56. 7. Грінченко Д. Принципи генерування електроенергії безвідхідним способом // Вісн. НУ "Львівська політехніка", – Львів, 2000. № 404, С. 99-102. 8. А.С. 1813884. Энергетическая установка/ Д.Н. Гринченко, М.П. Кулик // Бюл. изобрет. 1993. № 17. 9. А.С. 1442514. СССР, МКИ С07 С 29/15, 31/04. Способ получения метанола. А.Я. Розовский, Г.И. Лин и др. // Бюл. изобрет. 1998. № 45. 10. Від виробництва до ефективного споживання енергії / О.І. Соловей, А.В. Праховник, Є.М. Іншеков та ін. – К., 1999.