

Винахід відноситься до виробництва штучного метановмісного газу із твердих та рідких палив у вугільній, нафтовій і газовій промисловості.

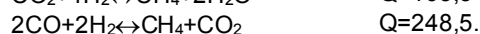
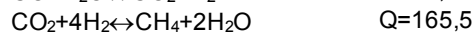
У паливно-енергетичному комплексі проблемою є зниження шкідливих викидів у навколишнє середовище. Одним зі способів одержання екологічно чистих газоподібних палив з кам'яного і бурого вугілля, сланців і нафтових залишків є їх газифікація з наступним очищенням синтез-газу [1-3]. У промислових умовах вугілля, нафтові залишки та інші палива піддаються повітряній або парокисневій газифікації. Відповідно утворюються гази з нижчою теплотворною здатністю 3,5-5,0 і 10-13 МДж/м<sup>3</sup> [4]. Такі низькокалорійні гази використовуються в енергетичних і, головним чином, у парогазових установках [3, 5]. Але на даний час ці гази практично не використовуються як промислове і побутове паливо, і їх економічно не вигідно транспортувати на значні відстані через малу енергетичну щільність.

Разом з тим розвідані запаси твердих палив значно перевершують запаси газу і нафти і в майбутньому прогнозується широке їх використання з метою одержання висококалорійного газу-замінника природного (ЗПГ). Роботи з виробництва ЗПГ проводяться багатьма фірмами [1]. Запропонований винахід допомагає вирішенню зазначеної проблеми.

Процес одержання ЗПГ багатостадійний і містить у собі газифікацію палива, очищення синтез-газу, метанування СО і СО<sub>2</sub>, витяг залишкового СО<sub>2</sub> [6]. Наш винахід відноситься до стадії метанування. Найближчим аналогом (прототипом) є шахтний реактор метанування, який використовується в установці виробництва ЗПГ згідно зі способом CRG Британської газової корпорації [1, 2].

На даний час для газифікації палив використовуються різні способи. Але найбільш широке поширення одержали процеси "Шелл" і "Тексако" з газифікацією на парокисневому дутті під тиском 2-9 МПа. При цьому в залежності від складу сировини після очищення виходить газ приблизно наступного складу (% об.): Н<sub>2</sub> - 35-40; СО - 30-40; СО<sub>2</sub> - 14-20; СН<sub>4</sub> - 0,3-1,0; N<sub>2</sub>+Ar - 0,5-2,0 і Н<sub>2</sub>S+COS - 1-4. Нижча теплота згоряння газу складає 10,5-12,0 кДж/м<sup>3</sup> [1, 4].

Для одержання висококалорійного газу очищений синтез-газ спрямовується у реактор каталітичного метанування, де протікають переважно наступні оборотні реакції з відповідним тепловим ефектом (кДж/моль) [4]:



Внаслідок цих реакцій на активному каталізаторі утворюється газ зі складом близьким до рівноважного. Процес звичайно йде при температурах 300-400°C і реакції зрушені праворуч, отже утворюється газ, що складається в основному зі СН<sub>4</sub> і СО<sub>2</sub> (з розрахунку на сухий газ) з домішками Н<sub>2</sub> і СО. Для одержання ЗПГ із нього витягають СО<sub>2</sub>.

Усі наведені реакції мають позитивний тепловий ефект, і сумарне виділення тепла є чималим, що веде до великого надлишкового підвищення температури газового потоку і каталізатора. Для того, щоб не допустити надмірного підвищення температури необхідно проміжне охолодження. Для цього в промислових установках використовують каскад із декількох реакторів із проміжним охолодженням у котлах-утилізаторах або теплообмінниках. При цьому теплота реакції використовується недостатньо або не використовується зовсім, що приводить до зменшення енергетичного ККД установки газифікації і зниженню економічних показників. Реактори з внутрішнім охолодженням для розглянутого процесу не розроблено і не застосовуються.

Метою запропонованого винаходу є створення апарату - каталітичного реактора для спільного метанування та конверсії СО, а також генерації пари, що приведе до суттєвого зниження енергетичних витрат та капітальних вкладень.

Каталітичний реактор для переробки синтез-газу відрізняється від відомих апаратів тим, що складається із рознімного корпусу високого тиску, в якій вмонтовано одну касету. В касеті розміщено каталізаторні коробки із шарами каталізатора та пучки (пакети) випарувальних труб для охолодження газового потоку та генерації водяної пари.

Конструктивну схему реактора надано на рисунку. Реактор складається з таких елементів: циліндричний корпус високого тиску 1 із рознімом у горизонтальній площині 8; загальна касета 2; каталізаторні коробки 3; випарувальні пучки 4; ущільнювальні пристрої 5; колектори 6 і 7; парозбирач-сепаратор 9; циркуляційний насос 10; регулятор витрат води 11.

Апарат улаштований таким чином. У циліндричний корпус через роз'їм 8 вставляється повністю змонтована касета, каталізаторні коробки 3 та випарувальні трубчасті пучки 4. Касета являє собою апарат квадратного перетинання, який виготовлено з тонких сталевих листів, оскільки тиск зовні та всередині касети однаковий. Труби для підводу живильної води та відводу пароводяної суміші уводяться в корпус за допомогою ущільнювальних пристроїв 5. Колектори живильної води 6 та пароводяної суміші 7 розташовано всередині корпусу між його стіною та касетою і мають можливість температурного розширення. Забезпечено можливість вільного температурного розширення усіх трубчастих пучків.

Для отримання водяної пари в реакторі найбільш сприятливим є пароводяний контур зі штучною циркуляцією води. Для цього додатково до реактору установлюється парозбирач-сепаратор 9, циркуляційний насос 10 та регулятор витрат води 11.

Робота реактора здійснюється таким чином. Синтез-газ у суміші з водяною парою під тиском 4-7 МПа та температурою 280-320°C подається до верхньої частини апарату. Застосовується змішаний каталізатор, який включає каталізатор на основі заліза та каталізатор метанування на основі нікелю. На каталізаторі відбуваються хімічні реакції, що надані вище. Н<sub>2</sub> та Н<sub>2</sub>О взаємодіють з СО та СО<sub>2</sub> - з утворенням метану (СН<sub>4</sub>). При цьому газовий потік нагрівається до 400-460°C. З цієї температурою газ поступає на охолодження та охолоджується до первісної температури 280-320°C. При цьому генерується пара. Регулювання температури здійснюється шляхом зміни подання води за допомогою регуляторів витрат води. Аналогічні процеси відбуваються і в наступних каталізаторних коробках та трубчастих пучках.

Пароводяна суміш з усіх трубчастих пучків, які є охолоджувачами газу та генераторами пари,

спрямовується у парозбирач-сепаратор, до якого підводиться живильна вода, а відводиться насичена пара. Для забезпечення необхідної циркуляції вода з нього прокачується циркуляційним насосом крізь усі трубчасті пучки.

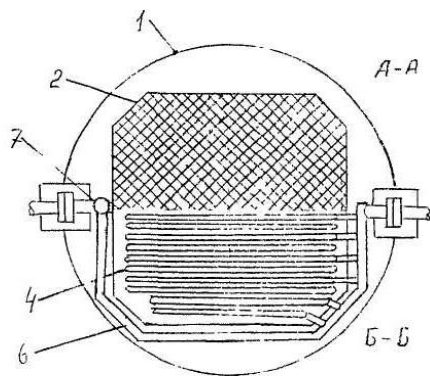
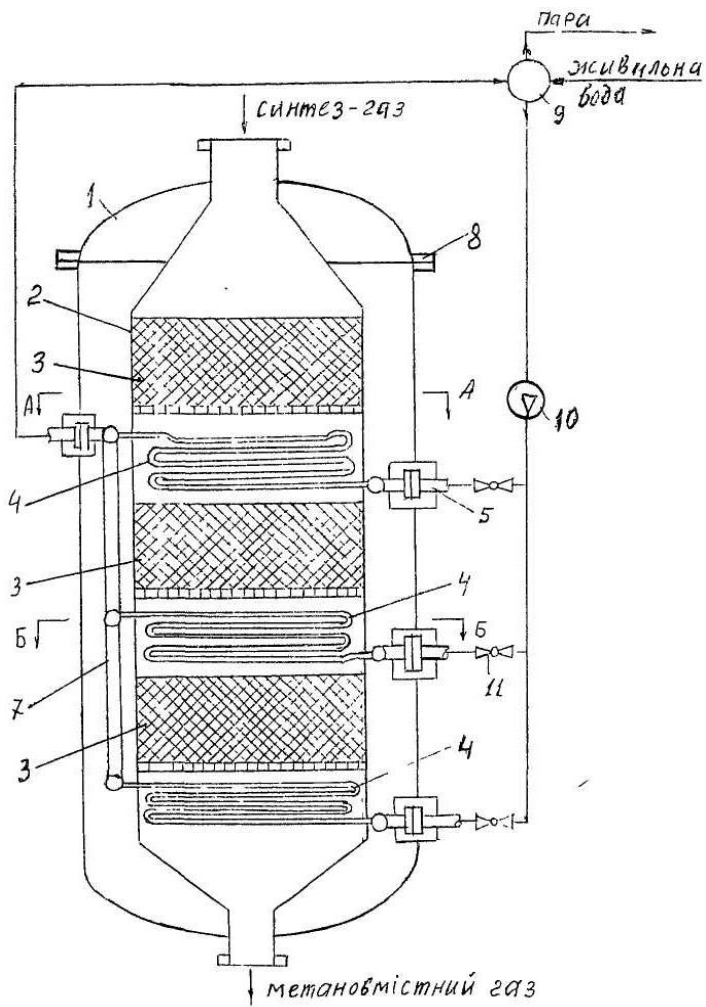
Монтаж та ремонт реактора для переробки синтез-газу легко здійснюється, тому що у корпус 1 крізь рознім 8 вмонтовано одну повністю зібрану касету 2 разом з колекторами 6 і 7. У разі ремонту касета і колектори від'єднуються від підводівних та відводівних патрубків, і касета виймається. Касету зібрано з тонких металічних листів з рознімними з'єднаннями. Вона легко розбирається, усі її частини доступні для огляду та ремонту.

Наприклад при парокисневій газифікації кам'яного вугілля або нафтового коксу, синтез-газ, який отриманий після очищення від  $H_2S$ , має такий склад (% об.):  $H_2$  - 40,  $CO$  - 38,  $CO_2$  - 21,  $N_2$  - 1. Цей газ подається до конвертор-метанатору. При температурі на виході із останнього шару каталізатора  $410^\circ C$ , метановмістний газ буде мати приблизно такий склад (% об.):  $CH_4$  - 54,  $CO_2$  - 42,  $CO$  - 0,05,  $H_2$  - 1,65,  $N_2$  - 2,3. Нижча теплота згоряння цього газу  $19500 \text{ кДж/м}^3$ . Оскільки в ньому міститься дуже мала кількість токсичного  $CO$ , то він може застосовуватися як побутове паливо, а також - практично у всіх промислових котлах та печах. Як, що ж буде потрібним повноцінний ЗПГ, то з отриманого метановмістного газу повинен бути виділений  $CO_2$ , і в результаті отриманий майже чистий метан.

Основна перевага запропонованого реактора для виробництва метановмістного газу полягає у тому, що він заміняє декілька послідовно встановлених апаратів: конвертор  $CO$ , метанатор та котли-утілізатори. При цьому капітальні вкладення знижуються на 20-25%, на 5-10% підвищується ККД установки одержання метановмістного газу.

#### Список посилань

1. Лом З.Л., Уильяме А.Ф. Заменители природного газа. Производство и свойства. - М.: Недра, 1979. - 248с.
2. Степанов А.В. Получение водорода и водородсодержащих газов - Киев: Наукова думка, 1982. - 312с.
3. Парогазовые установки с внутрицикловой газификацией топлива и экологические проблемы энергетики / В.М. Масленников, Ю.А. Выскубенко, Г.Р. Смитсон и др. - М.: Наука, 1983. - 264с.
4. Справочник азотчика (изд.- 2-е). - М.: Химия, 1986. - 512с.
5. Саламов А.А. Парогазовые установки с газификацией топлива // Теплоэнергетика. - 2002. - №6. - с.74-77.
6. Степанов А.В., Николаенко В.Н. Получение экологически чистого топлива из нефтяных остатков // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 2004. - №4. - с.35-39.



реактор