

## ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПАРОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ ПРИ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ В КИПЛЯЧОМУ ШАРІ

Описана маневрена ефективна енергетична парогазова установка, в якій для роботи газової частини використовуються продукти газифікації вугілля в киплячому шарі.

**Ключові слова:** парогазова енергетична установка, газифікація вугілля, киплячий шар.

Описана маневренна парогазова енергетична установка, в якій для роботи газової частини використовуються продукти газифікації вугілля в киплячому шарі.

**Ключевые слова:** парогазовая энергетическая установка, газификация угля, кипящий слой.

A manoeuvre effective pairsgas power plant in that for work foods of gasification of coal are used in a boiling layer is described.

**Keywords:** pairsgas power plant, gasification coal, boiling layer.

**Вступ.** Комбіновані парогазові установи мають досить широку перспективу, особливо на сучасному етапі розвитку країни, перш за все в силу їх високої мобільності по швидкості зміни потужності. Цей факт безсумнівно робить такі установки придатними для покриття пікових навантажень, для чого абсолютно не підходять інші види енергетичних установок чи електростанцій (ТЕС, ГЕС, АЕС). Такі енергетичні установи характеризуються значно нижчим об'ємом валових викидів, що впливає на екологічну безпеку територій та знижує техногенну небезпеку енергетичних об'єктів.

**Постановка проблеми.** Широке використання парогазових установок обмежується дороговизною палива для газової частини, а комбіновані парогазові установи викидують в атмосферне повітря величезну кількість шкідливих речовин, зокрема, оксидів азоту.

Методам зменшення оксидів азоту в димових газах присвячені роботи багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених. Аналізуючи їх результати, можна стверджувати, що утворення оксидів азоту залежить від таких чинників: конструкція пальників, надлишок атмосферного повітря, висока температура факела та час перебування палива і окислювача в зоні горіння. З погіршенням якості вугілля, зменшенням споживання природного газу через його дорожнечу та збільшенням виробництва електроенергії у віддаленій перспективі викиди оксидів азоту будуть тільки збільшуватися.

**Виділення невирішеної задачі.** Необхідність переведення великої енергетики на комбіновані парогазотурбінні установи для підвищення мобільності в плані покриття пікових навантажень, та суворі вимоги з екологічності енергетичних установок, з одного боку, а з другого боку – дороговизна газотурбінного палива (газоподібного чи рідкого) та погіршення якості енергетичного вугілля ставить перед сучасними науковцями двоєдину і взаємовиключаючу задачу, що формулюється наступним чином:

- існує потреба переведення газової частини комбінованої парогазотурбінної установки на тверде паливо;

- при спалюванні все більше вугілля низької якості зменшити рівень екологічної небезпеки, погіршення техніко-економічних показників блока.

Вирішення такої проблеми можна реалізувати, використовуючи найсучасніші досягнення науки та технологічні новинки відомих світових розробників. На наш погляд, проблема вирішується шляхом заміни газоподібного чи рідкого, і в той же час дорогого газотурбінного палива продуктом, що нагрівається продуктами згорання (димовими газами). А це можна зробити, використовуючи двохстадійне (або трьохстадійне) спалювання низькоякісного твердого палива. При цьому, в рубашці охолодження передтопка нагрівається як робоче тіло для газової турбіни.

Зменшення питомих валових викидів при збільшенні кількості спалюваного низькоякісного вугілля, вирішується шляхом подачі на згоряння не надлишку атмосферного повітря, а повітряну суміш, збагачену киснем з використанням передових сучасних мембранних технологій для розділення газів та газових сумішей..

У роботі [3] запропонована парогазова силова установка, у якій для роботи повітряної турбіни робоче тіло отримують шляхом змішування повітря після компресора з газами згоряння, які утворюються в топці котельного агрегату. Така установка повинна працювати на високоякісному твердому паливі. У цьому випадку в атмосферне повітря викидається мінімальна кількість шкідливих речовин, а повітряна (газова) турбіна може працювати довгий час, бо в робочому тілі немає шкідливих включень, які зношують лопатки турбіни.

При використанні низькоякісного твердого палива через пошкодження газами згоряння лопаток така енергетична установка характеризується низькою надійністю, а також великим об'ємом шкідливих речовин.

**Запропоновані технічні рішення.** Цих недоліків позбавлена парогазова енергетична установка, яка запропонована в роботі [1]. Така установка складається із паротурбінного блоку, який включає котельний агрегат з основною і додатковою топками, парову турбіну з генератором, і з газотурбінної установки, що включає в себе повітряну турбіну, компресор та генератор.

Принципова схема такої установки, яка призначена для спалювання низькоякісного твердого палива, показана на рис. 1.

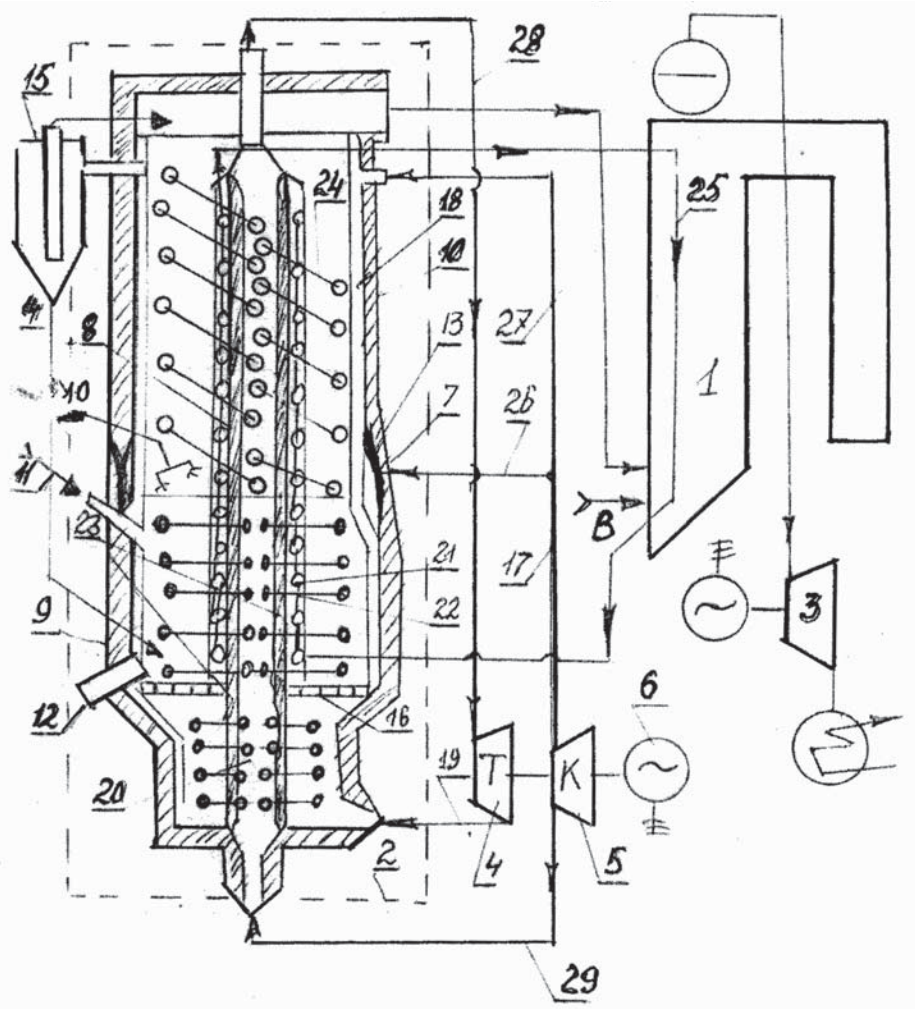


Рис. 1. Парогазова енергетична установка з додатковою топкою киплячого шару

З метою зменшення шкідливих викидів в атмосферу та використання для роботи газотурбінної установки низькоякісних твердих палив, зокрема вугілля, додаткова топка 2 виконана у вигляді послідовно з'єднаних за допомогою конусоподібного переходу 7 циліндрів 9 більшого і меншого 10 діаметрів, по осі яких вздовж всієї топки розташований циліндричний високотемпературний повітрянагрівач 8, що включений в контур повітряної турбіни. Нижня циліндрична частина топки представляє собою газифікатор киплячого шару з системою подачі палива 11 та виводу шлаків 12, а в середній частині розміщені тангенціальні завихрювачі 13 з форсунками 14 вприскування води чи пари, а верхня частина додаткової топки оснащена виносними циклонами 15, при чому вихід компресора 5, з'єднаний з завихрювачами 13, повітряною рубашкою 18 охолодження внутрішньої поверхні циліндрів, і з високотемпературним повітрянагрівачем 8, а вихлоп повітряної турбіни 4, з'єднаний з зоною регенератора. Високотемпературний повітрянагрівач пронизаний по всій висоті тепловими трубками, які розміщені з різним кроком і напрямком. У нижній частині регенератора, теплові трубки встановлені в радіально-шаховому порядку, в середній частині, що знаходиться в газифікаторі киплячого шару, теплові трубки розташовані також радіально-шахово, але з більшим кроком по висоті, а у верхній частині повітрянагрівача теплові трубки утворюють каркас циліндричної спіралі, між якими вставлені перегородки з температуростійких матеріалів, а на зовнішній поверхні високотемпературного повітрянагрівача навита труба, яка включена в контур циркуляції котла, а між трубою і циліндричною стінкою повітрянагрівача розташований шар теплоізоляції.

Описані вище особливості конструкції дозволяють в запропонованій парогазовій енергетичній установці використовувати для роботи газотурбінної установки низькоякісне тверде паливо, а також зменшити шкідливі викиди в атмосферу, оскільки використовується газифікація в киплячому шарі, а наявність виносних циклонів різко зменшує запиленість отриманих продуктів згоряння, які поступають потім в основну топку 1 котельного агрегату. На газотурбінну установку поступає нагріте до високих температур робоче тіло (стиснуте в компресорі повітря). Вихлоп газової турбіни поступає в нижню частину додаткової топки (регенератор), проходить зону газифікації, де і формується киплячий шар. Нагріте повітря в середній частині повітрянагрівача підвищує свою температуру, досягаючи верхньої межі в його верхній частині (в зоні догоряння газифікованого палива).

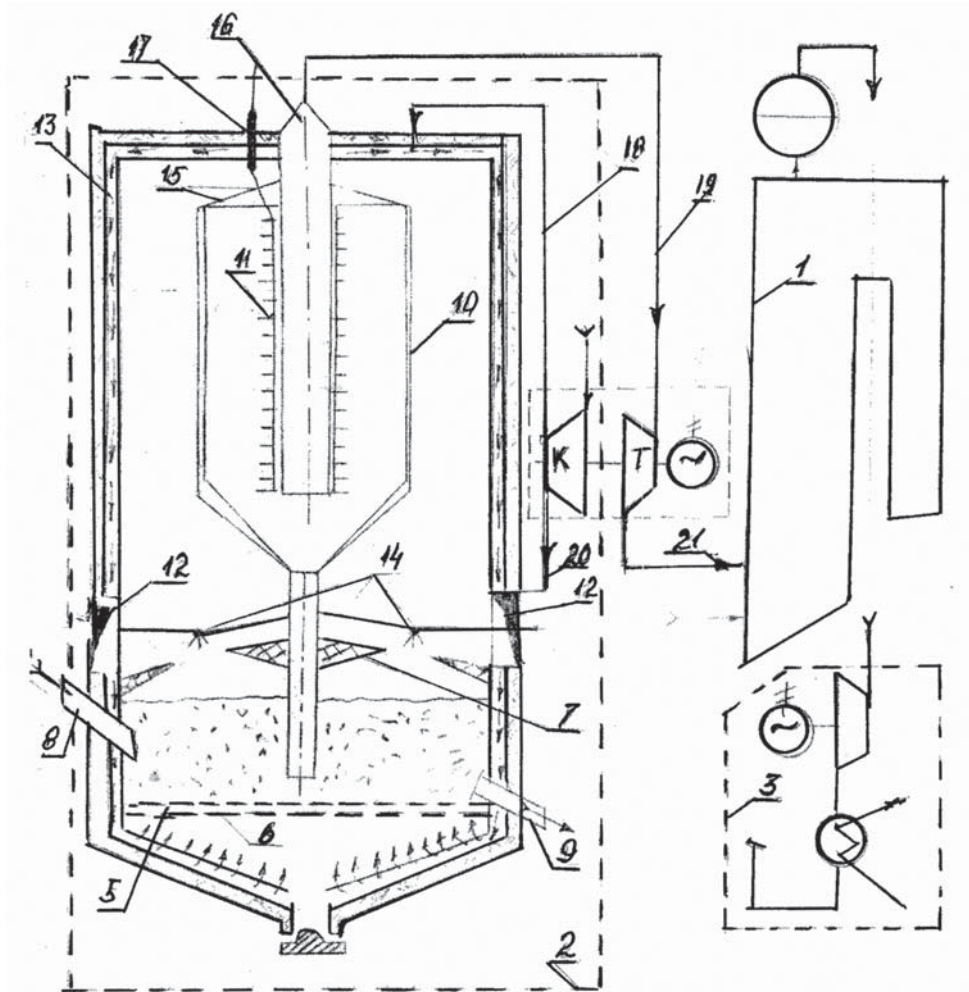
Економічна вигода даної пропозиції складається з таких складових, як економія від заміни дорогого палива ГТУ паливом низької якості, і економії від зменшення шкідливих викидів в навколишнє середовище в розрахунку на одиницю потужності, а також із складової, що обумовлена підвищенням надійності газової турбіни, яка працює на чистому повітрі.

Деяко по іншому розв'язані питання екологічної безпеки в топці киплячого шару для парогазових установок, яка запропонована в роботі [2]. Принципова схема топки киплячого шару, яка включена в парогазову установку, приведена на рис. 2.

На схемі зображено: 1 – основна топка парогазової установки, 2 – топка киплячого шару, 3 – паротурбінна установка, яка складається з парової турбіни, електрогенератора і конденсатора, 4 – газотурбінна установка, яка складається з компресора, газової турбіни і електрогенератора, 5 – киплячий шар вугілля в нижній частині камери згоряння топки киплячого шару, 6 – газорозподільюча решітка, 7 – відбиваючий свод, 8, 9 – патрубки подачі палива та виводу шлаку, 10 – циклон очистки димових газів, 11 – високовольний електрофільтр, що розміщений в середині циклона, 12 – тангенціальний завихрювач топки, що розміщений в середній частині стінок камери згоряння, 13 – повітряна рубашка охолодження топки киплячого шару, 14 – форсунки вприскування води проходить зону газифікації, де і формується киплячий шар, 15 – тангенціальні завихрювачі циклона, 16 – труба виходу очищених димових газів (робочого тіла ГТУ), 17 – високовольний вхід електрофільтра, 18 – повітропровід подачі повітря від компресора ГТУ в повітряну рубашку 13 топки киплячого шару, 19 – газопровід подачі робочого тіла до газової турбіни ГТУ, 20 – повітропровід подачі повітря до тангенціальних завихрювачів 12 топки киплячого шару, 21 – лінія вихлопу газової турбіни ГТУ в основну топку котельного агрегату.

Топка киплячого шару для спалювання низькоякісного палива включається в склад енергетичної установки, яка працює наступним чином.

В основну топку 1 котельного агрегату подають подрібнене тверде паливо, де воно спалюється. Туди ж скидається і вихлоп газової турбіни 4. Пара, що утворилася в котлі, подається на парову



**Рис. 2. Топка киплячого шару з вбудованим циклоном та високовольтним електрофільтром**

турбіну, де генератором виробляється певна кількість електроенергії по звичайній схемі, а конденсат пари подають назад у котел. Повітря компресором, що входить в склад ГТУ, подають в топку киплячого шару по повітропроводу 20 і повітропроводу 18. По повітропроводу 20 подають первинне повітря (стиснуте) від компресора для допалювання продуктів газифікації твердого палива, що утворилися в киплячому шарі 5 топки камери згоряння. А по повітропроводу 18 частину повітря від компресора подають в повітряну рубашку 13 охолодження топки камери згоряння, і далі це повітря через газорозподільную решітку 6 поступає в нижню частину киплячого шару. Туди ж по патрубку 8 поступає тверде подрібнене паливо.

У 20 подають первинне повітря (стиснуте) від компресора для допалювання продуктів газифікації твердого палива, що утворилися в киплячому шарі 5 топки камери згоряння. А по повітропроводу 18 частину повітря від компресора подають в повітряну рубашку 13 охолодження топки камери згоряння, і далі це повітря через газорозподільную решітку 6 поступає в нижню частину киплячого шару. Туди ж по патрубку 8 поступає тверде подрібнене паливо. У результаті газифікації твердого палива в киплячому шарі 5 камери згоряння утворюються газоподібні продукти, які здатні горіти з виділенням тепла, що збираються в просторі над киплячим шаром 5, і через щілини у відбиваючому своді 7 проходять далі в простір, обмежений завихрювачем 12, де змішується з первинним повітрям від компресора та догорають, при цьому підвищується температура газових продуктів (робочого тіла ГТУ). Зола в киплячому шарі 5 по патрубку 9 виводу шлаку виводиться з топки. У процесі згоряння відбиваючий свод 7 відбиває тепло і тверді частинки не тільки в киплячий шар, а також і на паливо, що поступає в



киплячий шар, та підвищує його температуру і прискорює процес газифікації твердого палива в ньому. Температуру утворених продуктів в просторі над киплячим шаром, а також в зоні тангенціальних завихрювачів 12 регулюють впорскуванням води чи пари форсунками 14 в щілини відбиваючого сво-ду 7. Таким впрыском подавляють процеси утворення оксидів азоту і знижують об'єм шкідливих викидів в атмосферу. Утворені гази над киплячим шаром і в просторі, що обмежений завихрювачем 12, закручуються, перемішуються і піднімаються по кільцевій щілині вгору між стінками топки киплячого шару і вбудованим циклоном 10. При цьому значна частина золи відкидається до внутрішньої стінки, і вздовж неї опускається вниз до киплячого шару. Далше грубоочищені гази поступають в завихрювачі 15 циклона 10, і закручуючись, опускаються вздовж осаджувального ігольчатого електроду вбудованого високовольтного електрофільтра 11. У цьому випадку на частинки золи одночасно діють дві сили : відцентрові - що відкидають до стінки (від закручування потоку), і сили електростатичного притягування в електрофільтрі 11. Частинки золи опускаються по нижній трубі циклона 10 в киплячий шар 5 і по патрубку 9 виводяться з топки.

Очищені гази по трубі виходу 16 піднімаються вгору і виходять із топки киплячого шару по газопроводу 19 та направляються в газову турбіну 4, після робочого циклу, в якій вони скидаються в основну топку котельного агрегату.

**Висновок.** У запропонованих технічних рішеннях для роботи енергетичної установки використовується низькоякісне тверде паливо. При цьому, зменшуються шкідливі викиди в атмосферу, тому що в нижній частині топки відбувається газифікація низькоякісного твердого палива в киплячому шарі, а нагріте повітря за допомогою теплових труб дозволяє використовувати для роботи газової турбіни продукти газифікації твердого палива. Зменшення шкідливих викидів забезпечується поєднанням низькотемпературного киплячого шару, що подавляє утворення оксидів азоту, а також повної очистки димових газів від золи.

#### Література

1. Грінченко Д.М., Пеньков В.І., Кулик М.П. Топка киплячого шару. Патент України № 15622.
2. Парогазова теплосилова установка. Патент ФРГ № 839290, 1944 г.
3. Грінченко Д.М., Кулик М.П. Топка киплячого шару. Патент України № 18418.

*Поступила в редакцію 27 квітня 2012 р.*

*Рекомендував до друку д.т.н. Я.М. Семчук*

УДК 614.715 : 628.395 : 543.544.45

*Дмитриков В.П., Конох М.С., Найверт Л.І.  
Полтавська державна аграрна академія,  
ТОВ «Укразротех»*

### ОСОБЛИВОСТІ ХРОМАТОГРАФІЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОЛІЦИКЛІЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ У ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Розглянуто метрологічні особливості хроматографічної ідентифікації забруднень повітря з використанням речовин-еталонів. На прикладі поліциклічних вуглеводнів дано оцінку статистичній підконтрольності експерименту при наявності неповного набору еталонних речовин.

**Ключові слова:** аналіз, метрологія, проби повітря, хроматографія.

Рассмотрены метрологические особенности хроматографической идентификации загрязнений воздуха с использованием веществ-эталонных. На примере полициклических углеводородов дана оценка статистической подконтрольности эксперимента при наличии неполного набора эталонных веществ.

**Ключевые слова:** анализ, метрология, пробы воздуха, хроматография.

© Дмитриков В.П., Конох М.С., Найверт Л.І., 2013