



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117013** (13) **U**
(51) МПК
F02C 6/18 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2017 00107</p> <p>(22) Дата подання заявки: 03.01.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.06.2017</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.06.2017, Бюл.№ 11</p>	<p>(72) Винахідник(и): Карпаш Олег Михайлович (UA), Кострець Василь Володимирович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019 (UA)</p>
--	---

(54) СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ

(57) Реферат:

Спосіб утилізації тепла відпрацьованих газів газотурбінних установок магістральних газопроводів включає використання тепла викидних газів газотурбінних агрегатів для отримання додаткової електричної енергії. Теплову енергію викидних газів газотурбінних установок трансформують в енергію пари, яку використовують для одержання додаткової привідної потужності турбіни електрогенератора, а залишкову теплову енергію викидних газів термоелектричними елементами перетворюють в електричну енергію. Термоелектричні елементи відбирають тепло безпосередньо із зовнішньої поверхні газової шахти.

UA 117013 U

Корисна модель належить до комплексних методів генерації електричної енергії та може застосовуватись в техніці, де має місце перетворення теплової енергії вихлопних газів в електричну.

Газоперекачувальні станції магістральних газопроводів України використовують для приводу нагнітачів природного газу газотурбінні установки (ГТУ). Температура вихлопних газів даних установок коливається від 400 °С до 570 °С.

Відомий спосіб утилізації теплоти відпрацьованої газопарової суміші в газопаротурбінній установці, що включає процеси відводу теплоти від відпрацьованої газопарової суміші на виробництво водяної пари, конденсації водяної пари з охолодженої відпрацьованої газопарової суміші при безпосередньому контакті газопарової суміші з охолоджуючою водою [1].

Недоліком існуючого способу є значні витрати охолоджуючої води на конденсацію водяної пари з охолодженої відпрацьованої газопарової суміші, температура якої після відводу від неї теплоти на виробництво водяної пари досить висока і становить 160-200 °С.

Відомим є спосіб вироблення електроенергії на базі скидної теплоти ГТУ-приводів компресорного цеху магістрального газопроводу [2]. Спосіб включає спалення палива в камерах згоряння ГТУ-приводів нагнітачів природного газу та в парових котлах-утилізаторах, куди скидаються відпрацьовані гази ГТУ, і генерацію в котлах-утилізаторах перегрітої пари високих параметрів, яку направляють в парову турбіну, що обертає електрогенератор, причому відпрацьовані в котлі-утилізаторі гази скидаються в атмосферу, а відпрацьована в паровій турбіні пара конденсується, і у вигляді живильної води подається в пароводяний контур котлів-утилізаторів. При цьому потужність парової турбіни складає 0,6-0,9 від сумарної механічної потужності працюючих в цеху ГТУ-приводів, а температура димових газів перед котлом-утилізатором перевищує на 10-40 °С температуру перегрітої пари, яку вибирають відповідного рівня високих параметрів пари для парової турбіни зазначеної вище потужності.

Недоліком цього способу є досить велика складність конструкції, оскільки використовується додатковий підігрів вихлопних газів, складна система управління задля забезпечення сталої потужності парової турбіни, та додаткове спалювання палива в котлі-утилізаторі.

Відома класична схема бінарного парогазового циклу з утилізацією теплоти вихлопних газів газоперекачувальних агрегатів на компресорній станції магістрального газопроводу [3]. Схема бінарного парогазового циклу складається з двох основних частин, перша - газоперекачувальний агрегат, друга - паросилова установка, яка утилізує теплову енергію вихлопних газів газоперекачувального агрегату. У паросиловій установці теплова енергія вихлопних газів газоперекачувального агрегату утилізується в паровому котлі-утилізаторі, вироблений пар направляється на вхід в парову турбіну, де відбувається корисна робота обертання валу, спрацьований пар надходить у конденсатор, де конденсується, вода конденсатними насосами подається в установку водопідготовки, з неї поживними насосами вода надходить у паровий котел-утилізатор, і так по колу. Вал парової турбіни паросилової установки з'єднують або з нагнітачем для перекачування газу, або з генератором для вироблення електричної енергії. У першому варіанті утилізована енергія вихлопних газів газоперекачувальних агрегатів використовується для перекачування магістрального газу. У другому варіанті утилізована енергія вихлопних газів газоперекачувальних агрегатів використовується для вироблення електричної енергії.

Недоліком класичного методу використання теплової енергії газоперекачувального агрегату в паросиловій установці на компресорній станції є те, що дана установка не включає в себе додаткову утилізацію залишкової енергії відпрацьованих викидних газів та відповідно низький ккд класичного способу.

Відома також енергетична установка для рекуперації відпрацьованого тепла газоперекачувального агрегату яка містить термоелектричний генератор електричної енергії, що складається із ряду первинних блоків, розміщених один над одним [4]. Система підведення теплової енергії вихлопних газів до первинного блока термоелектричного генератора містить теплову трубу.

Недоліком даної установки є складність процесу передачі тепла від вихлопних газів до термоелектричних елементів, та створення додаткового гідравлічного опору у системі відведення вихлопних газів.

Відомим є спосіб утилізації теплоти відпрацьованої газопарової суміші в газопаротурбінній установці, який вибраний за прототип. Даний спосіб включає процеси випаровування низькокиплячого робочого тіла при високому тиску підводом теплоти від відпрацьованої газопарової суміші, розширення пари низькокиплячого робочого тіла високого тиску з виконанням роботи та конденсації водяної пари з охолодженої відпрацьованої газопарової суміші при безпосередньому контакті газопарової суміші з охолоджуючою водою, в якому

газопарову суміш додатково охолоджують відводом теплоти до низькокиплячого робочого тіла, яке випаровує при низькому тиску, а пару низькокиплячого робочого тіла стискають, витрачаючи роботу пари низькокиплячого робочого тіла високого тиску.

5 Головним недоліком прототипу є те, що існує складність системи охолодження та відсутність додаткової утилізації відпрацьованих газів після передачі ними частини тепла.

В основу корисної моделі поставлена задача створення комбінованого способу утилізації теплоти відпрацьованих газів газотурбінних установок магістральних газопроводів задля вироблення електроенергії на базі викидної теплоти відпрацьованих газів газотурбінних установок магістральних газопроводів, який дозволить найбільш повно та ефективно
10 використовувати паливо на КС магістральних газопроводів.

Поставлена задача вирішується тим, що розроблено спосіб утилізації тепла відпрацьованих газів газотурбінних установок магістральних газопроводів, який передбачає використання тепла випускних газів газотурбінних установок для отримання додаткової електричної енергії шляхом трансформації теплової енергії випускних газів газотурбінних установок в енергію пари, яку використовують для одержання додаткової привідної потужності турбіни електрогенератора, в
15 якому додатково застосовується перетворення залишкової теплової енергії термоелектричними елементами Пельтьє в електричну енергію.

Даний спосіб повністю ґрунтується на меті вироблення електроенергії, яку можна використовувати як для власних потреб, так і в комерційних цілях.

20 Електроенергія, що виробляється на основі утилізації тепла відпрацьованих газів газотурбінних установок магістральних газопроводів може використовуватися: на власні потреби КС; на передачу (продаж) в енергомережу державного або регіонального значення; на привід нагнітачів природного газу, що обладнані електричними двигунами.

На кресленні зображено схему комбінованої установки, в якій реалізується запропонований
25 спосіб утилізації теплоти відпрацьованих газів газотурбінних установок магістральних газопроводів.

Установка на кресленні складається з котла-утилізатора 1, випарника 2 підігрівача низького тиску 3, парової турбіни 4, генератора 5, рекуператора 6, повітряного конденсатора 7, вентилятора 8, циркуляційного насоса першого контуру 9, циркуляційного насоса другого контуру 10, розширювального бачка 11, термоелектричних елементів 12, вентиляторів 13 та інвертора 14.

Спосіб утилізації теплоти відпрацьованих газів газотурбінних установок магістральних газопроводів реалізується в два етапи.

35 1. В основі роботи першого етапу утилізації лежить органічний цикл Ренкіна. На відміну від класичного циклу Ренкіна, де як робоче тіло використовується пара, тут застосовуються органічні речовини (пентан C^5H^{12}). У рідкому стані, коли робоче тіло охолоджується і стискається, пентан набуває форму мінерального масла. Процес починається в першому контурі з нагріву масла в котлі-утилізаторі 1, куди надходять вихлопні гази турбіни високої температури при температурі близько $500\text{ }^\circ\text{C}$. Температура кипіння пентану порівняно низька і
40 становить $36,1\text{ }^\circ\text{C}$ при нормальних умовах, тому в котлі-утилізаторі він швидко переходить в газоподібний стан, після чого, маючи температуру близько $260\text{ }^\circ\text{C}$, виходить у випарник 2. У випарнику досягається кипіння і перегрів пентану, який циркулює в другому контурі. Пентан другого контуру надходить у випарник попередньо підігрітим в підігрівачі низького тиску 3. З випарника пентан другого контуру за температури близько $200\text{ }^\circ\text{C}$ направляється в турбіну 4, яка є приводом генератора електричної енергії 5, а пентан першого контуру - в підігрівач низького тиску 3. Процес налаштований таким чином, що в турбіні не відбувається конденсації пентану в ході спрацьовування теплоперепадку. На виході з турбіни пентан має температуру близько $40\text{ }^\circ\text{C}$, його температура знижується спочатку в рекуператорі 6, а потім в повітряному конденсаторі 7, який охолоджується вентиляторами 8. Після конденсатора в рідкому стані
50 пентан починає підігріватися спочатку в рекуператорі 6, потім в підігрівачі низького тиску 3 і нарешті у випарнику 2.

Отже, в утилізаційній установці як робоче тіло використовується пентан, який циркулює в двох незалежних контурах. У рідкому стані, коли робоче тіло охолоджується і стискається, пентан набуває форму мінерального масла.

55 2. В основі роботи другого етапу утилізації тепла відпрацьованих газів газотурбінних установок магістральних газопроводів лежить спосіб прямого перетворення теплоти нагрітої поверхні газової шахти внаслідок проходження по ній вихлопних газів низької температури, в електроенергію за допомогою використання термоелектричних перетворювачів. Вихлопні гази, що віддали частину своєї енергії під час проходження першого контуру утилізаційної установки,
60 надходять до газової шахти, через яку виходять в атмосферу. Внаслідок контакту вихлопних

газів з внутрішніми стінками газової шахти, вони втрачають частину енергії у вигляді нагріву її стінок. До зовнішньої частини стінок прикріплено термоелектричні елементи 12, які при нагріванні виробляють термоЕРС. Для збільшення коефіцієнта корисної дії установки, зовнішня частина термоелементів піддається повітряному охолодженню за допомогою вентиляторів 13.

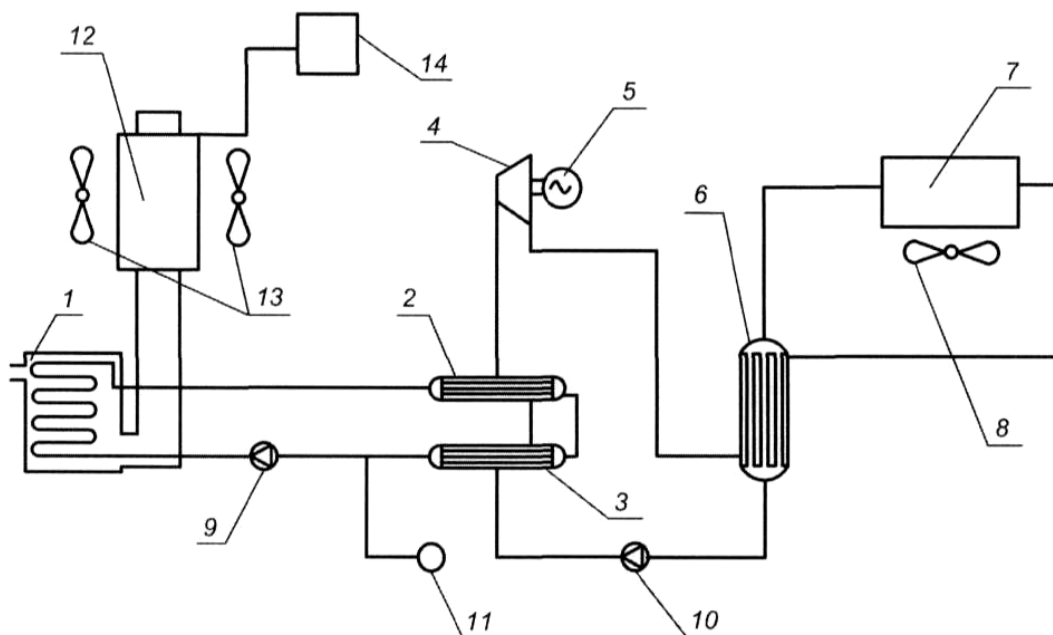
5 Для ефективнішого відведення тепла від холодної сторони термоелементів, зовнішня сторона установки матиме ребристу поверхню. Електрична енергія вироблена термоелектричними елементами надходить до інвертора 14, де перетворюється у змінну напругу.

Джерела інформації:

1. Патентна винахід № 93007304 UA F02C 6/18 від 30.06.97, бюл. № 3, 1997 р.
- 10 2. Патент на винахід № 39536 UA F01K 13/00, F02C 6/00 15.06.2001, бюл. № 5, 2001 р.
3. Шелковский Б.И., Патыченко А.С., Захаров В.П. "Утилизация и использование вторичных энергоресурсов компрессорных станций". - М.: "Недра", 1991. - С. 5-13.
4. Патент на корисну модель № 80001 UA H01L 35/00 від 13.05.2013, бюл. № 9, 2013 р.
5. Патент на корисну модель № 71357 UA 7 F02C 6/18 від 15.11.2004, бюл. № 11, 2004 р.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб утилізації тепла відпрацьованих газів газотурбінних установок магістральних газопроводів, що включає використання тепла викидних газів газотурбінних агрегатів для отримання додаткової електричної енергії, який **відрізняється** тим, що теплову енергію викидних газів газотурбінних установок трансформують в енергію пари, яку використовують для одержання додаткової привідної потужності турбіни електрогенератора, а залишкову теплову енергію викидних газів термоелектричними елементами перетворюють в електричну енергію.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що термоелектричні елементи відбирають тепло безпосередньо із зовнішньої поверхні газової шахти.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601