



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 143277

(13) U

(51) МПК

H01M 8/10 (2016.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: **u 2019 11476**

(22) Дата подання заявки: **27.11.2019**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **27.07.2020**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **27.07.2020, Бюл.№ 14**

(72) Винахідник(и):

**Сербін Сергій Іванович (UA),  
Ващиленко Микола Віталійович (UA),  
Чередніченко Олександр Костянтинович  
(UA),  
Дайфен Чен (CN),  
Ян Зонмін (CN)**

(73) Власник(и):

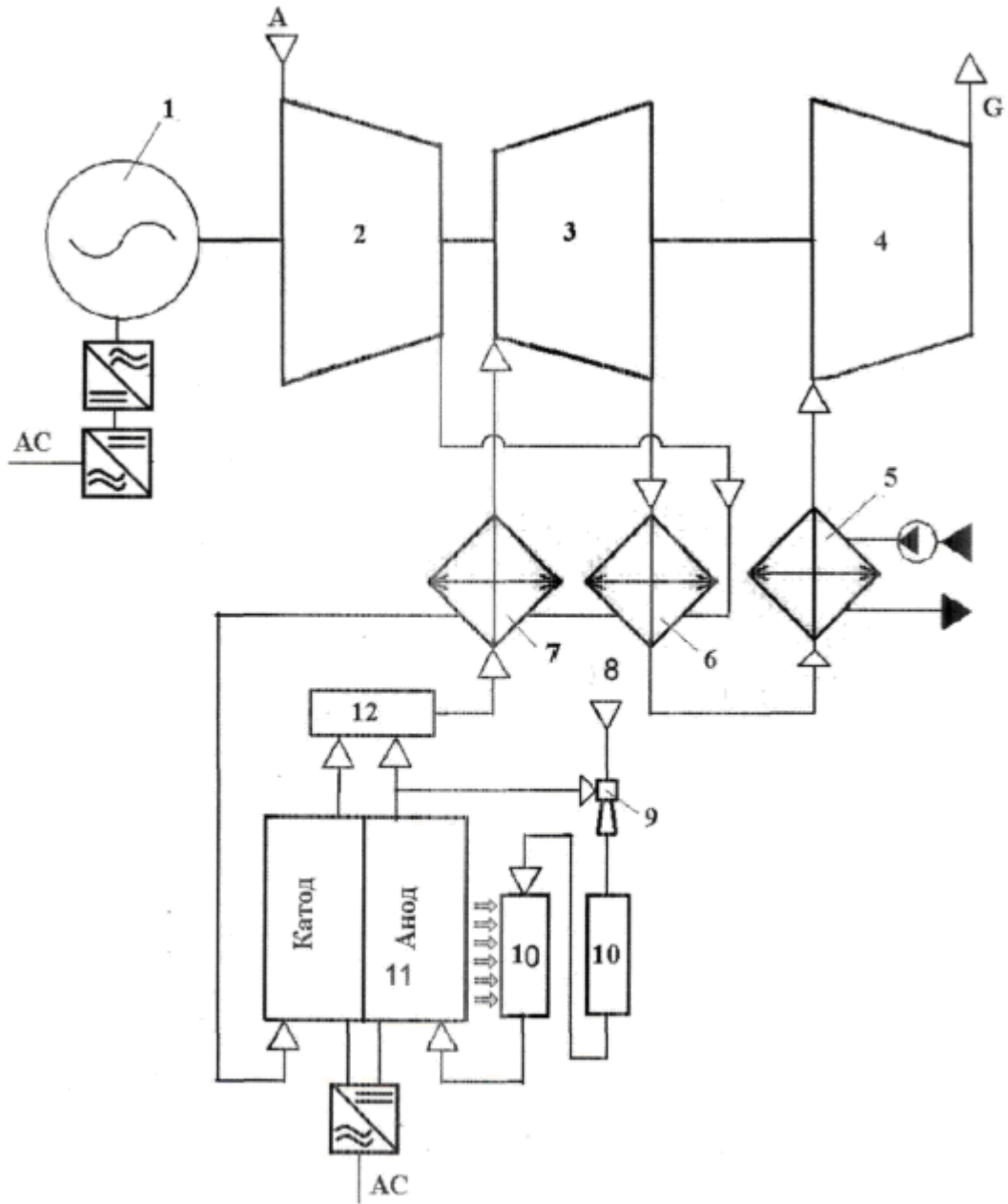
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА  
МАКАРОВА,  
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025  
(UA)**

**(54) ГІБРИДНА ЕНЕРГОУСТАНОВКА НА ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ**

(57) Реферат:

Гібридна енергоустановка на паливних елементах, яка містить реактор-рифформер, стек твердооксидних паливних елементів, регенеративний газотурбінний двигун в складі турбокомпресорного блока, регенеративних підігрівачів та камери згоряння, що сполучена з виходом зі стека твердооксидних паливних елементів. До складу газотурбінного двигуна, додатково за турбіною включено газоохолоджувач та ексгаустер.

UA 143277 U



Фиг.

Корисна модель належить до галузі енергетики, зокрема до енергоустановок для вироблення електроенергії на основі паливних елементів, які використовують вуглеводневе паливо. Корисна модель може використовуватися у складі енергокомплексів різного призначення (електростанції різного призначення, наземний та водний транспорт та інше).

5 Відомо про схеми енергоустановок на паливних елементах, які містять підсистему підготовки та перероблення палива, до складу якої входить реактор-рифформер та теплообмінники, підсистему вироблення електроенергії з батареєю паливних елементів, яка складається з уніфікованих модулів, що містять стек твердооксидних паливних елементів [патент Сполучених Штатів Америки US 2008/0292922 A1, H01M8/04, дата публікації 09.05.1995]. Недоліком такого

10 конструктивного виконання енергоустановок на паливних елементах є те, що в такій схемі не використовується потенціал суміші газів на виході з комірок стека твердооксидних паливних елементів. З метою підвищення ефективності застосовується комбінація енергоустановки на паливних елементах та теплового двигуна, що використовує тепловий та енергетичний потенціал суміші газів на виході з комірок стека твердооксидних паливних елементів. Таким

15 тепловим двигуном може бути газотурбінний двигун, як в патенті Сполучених Штатів Америки 2002/0174659 A1, F02C 6/18, дата публікації 28.11.2002.

Аналог корисної моделі є гібридна енергоустановка на паливних елементах [патент Сполучених Штатів Америки US5413879, H01M 8/10, дата публікації 09.05.1995]. Аналог містить: реактор-рифформер, стек твердооксидних паливних елементів, регенеративний газотурбінний

20 двигун в складі турбокомпресорного блока, регенеративних підігрівачів та камеру згоряння, яка сполучена з виходом зі стека твердооксидних паливних елементів. Конструкція дозволяє використовувати тепловий та енергетичний потенціал суміші газів на виході з комірок стека твердооксидних паливних елементів, але реалізація такого циклу потребує підвищеного тиску в реакторі-рифформері. Це зменшує коефіцієнт корисної дії енергоустановки, що пов'язано з

25 необхідністю забезпечувати підвищену величину тиску в реакторі-рифформері. Підвищення тиску призводить до необхідності підвищення температури процесу для ефективної конверсії базового вуглеводневого палива, що потребує додаткових енергозатрат та стримується характеристиками існуючих матеріалів. Задачею корисної моделі є удосконалення гібридної енергоустановки на паливних елементах за рахунок підвищення ефективності використання

30 енергії палива.

Поставлена задача вирішується шляхом реалізації в конструкції гібридної енергоустановки газотурбінного циклу з перерозширенням, за рахунок чого можливо знизити до мінімальних значень величину тиску в реакторі-рифформері, створивши тим самим більш сприятливі умови для процесів конверсії палива в реакторі та більш ефективно використати тепловий потенціал

35 суміші газів на виході з комірок стека.

Для вирішення поставленої задачі:

гібридна енергоустановка на паливних елементах відрізняється тим, що до складу газотурбінного двигуна додатково за турбіною включено газоохолоджувач та ексгаустер. Таке конструктивне виконання дозволяє знизити до мінімальних значень величину тиску в реакторі-

40 рифформері, за рахунок чого досягається підвищення коефіцієнта корисної дії установки.

У порівнянні зі схемою аналога встановлення додатково за турбіною газоохолоджувача та ексгаустера дозволяє знизити величину тиску в реакторі-рифформері та корпусі стека до мінімальних значень. Теоретично, при цих параметрах циклу ККД установки може бути підвищений на 15-20 %. Газотурбінний цикл з перерозширенням є відомим [див. патент України на корисну модель UA 93472U, F02C 3/00, дата публікації 10.10.2014]. Але не має відомостей про застосування ексгаустера та газоохолоджувача з метою підвищення ефективності процесів конверсії базового вуглеводневого палива в гібридних енергоустановках на паливних

45 елементах.

На кресленні зображено загальну схему гібридної енергоустановки на паливних елементах.

Гібридна енергоустановка на паливних елементах складається з регенеративного газотурбогенератора з перерозширенням, до складу якого входять електричний генератор 1, компресор 2, турбіна 3 та ексгаустер 4. Крім того, до складу енергоустановки включені теплообмінники: газоохолоджувач 5 та два регенеративні підігрівачі - повітрянагрівач 6 та повітроперегрівач 7. Трубопровід 8, призначений для підведення базового вуглеводневого

50 палива, сполучається з ежектором 9, який, в свою чергу, сполучається з першою секцією двосекційного реактора-рифформера 10. Друга секція реактора-рифформера 10 з'єднана зі входом в аноди комірок твердооксидних паливних елементів стеку 11. Вихід зі стеку 11 поєднаний з камерою згоряння 12. Гібридна енергоустановка на паливних елементах працює таким чином. Базове вуглеводневе паливо з трубопроводу 8 за допомогою ежектора 9 подається до

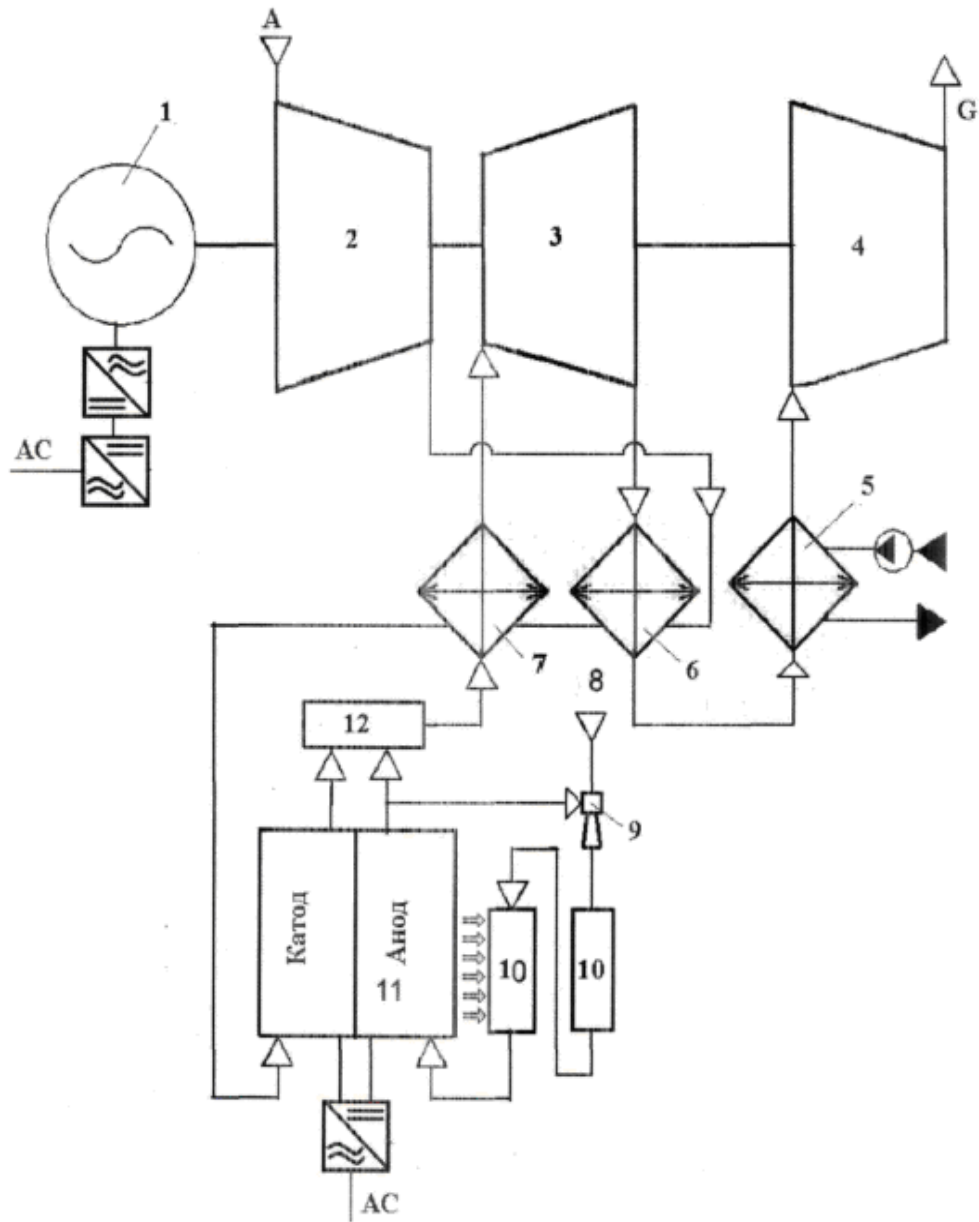
60 двосекційного реактора-рифформера 10. Тиск процесів конверсії палива в реакторі 10

визначається тиском в камері згоряння 12. Далі продукти конверсії надходять до входу в аноди твердооксидних паливних елементів стеку 11. Атмосферне повітря компресором 2 стискається до розрахункового значення та подається до регенеративного повітропідігрівача 6, в якому воно попередньо нагрівається відпрацьованими газами турбіни 3, яка обертає компресор 2, ексгаустер 4, а надлишок потужності віддає на електрогенератор 1. Після повітропідігрівача 6 повітря надходить до повітроперегрівача 7, де перегрівається до заданої температури на вході в катоди твердооксидних паливних елементів стеку 11 газами, які відходять з камери згоряння 12. Паливом для камери згоряння 12 служить суміш газів на виході з анодів комірок твердооксидних паливних елементів стеку 11, яка спалюється в збідненому за киснем повітрі, що надходить в камеру згоряння з виходу катодів комірок твердооксидних паливних елементів стеку 11, який виробляє електричну енергію. Охолоджені до визначеної температури продукти спалювання після повітроперегрівача 7 надходять в турбіну 3, де розширюються до тиску, який суттєво нижчий за атмосферний. Рівень цього тиску визначається прийнятним значенням міри підвищення тиску ексгаустера 4. Далі гази після турбіни 3 проходять по каналах газової сторони теплообмінної матриці регенеративного повітропідігрівача 6 та надходять до газоохолоджувача 5, де охолоджуються до розрахункового значення температури. Охолоджені гази стискаються в ексгаустері 4 та викидаються в атмосферу.

Конструкція дозволяє знизити величину тиску в реакторі-рифформері 10 та відповідно в корпусі стеку 11 до мінімальних значень. Математичне моделювання процесів показує, що при таких параметрах циклу ККД установки може бути підвищений на 15-20 %.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Гібридна енергоустановка на паливних елементах, яка містить реактор-рифформер, стек твердооксидних паливних елементів, регенеративний газотурбінний двигун в складі турбокомпресорного блока, регенеративних підігрівачів та камери згоряння, що сполучена з виходом зі стека твердооксидних паливних елементів, яка **відрізняється** тим, що до складу газотурбінного двигуна, додатково за турбіною включено газоохолоджувач та ексгаустер.



Фіг.

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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