



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **55853** (13) **U**  
(51) **МПК (2009)**  
**F17C 7/00**  
**F17C 9/00**  
**F25B 9/06**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) СПОСІБ РЕГАЗИФІКАЦІЇ ЗРІДЖЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ВИРОБЛЕННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

1

(21) u201007845

(22) 23.06.2010

(24) 27.12.2010

(46) 27.12.2010, Бюл. № 24, 2010 р.

(72) П'ЯТНИЧКО ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ, ЖУК  
ГЕННАДІЙ ВІЛІОРОВИЧ, ОНОПА ЛІЛІЯ РУДОЛЬ-  
ФОВНА, ЛАВРЕНЧЕНКО ГЕОРГІЙ КОСТЯНТИ-  
НОВИЧ, КРУШНЕВИЧ ТАДЕУШ КАЗИМИРОВИЧ,  
КУБЕНКО СТАНІСЛАВ БОРИСОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ГАЗУ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ  
НАУК УКРАЇНИ

2

(57) Спосіб регазифікації зрідженого природного газу з виробленням електроенергії, який включає стиснення зрідженого природного газу насосом, випаровування та підігрівання природного газу робочим тілом до температури подачі в газотранспортну систему, розширення робочого тіла в детандері з виробленням електроенергії та передачу її частини зовнішнім споживачам, який **відрізняється** тим, що робоче тіло переміщують в замкненому циклі, підігрівають від зовнішнього середовища, а частину виробленої електричної енергії використовують для приводу насосів.

Корисна модель належить до способів вивантаження з посудин зрідженого природного газу (ЗПГ), а саме регазифікації, тобто переведенню ЗПГ в газоподібний стан, в системах з використанням детандерів. Спосіб може бути використаний на ділянках розподілу ЗПГ, зокрема на морських терміналах, що обслуговують перевізників ЗПГ.

Відомий спосіб регазифікації ЗПГ [Г.К.Лавренченко, С.Г.Швец Термонасос для подачі жидких криопродуктов под давлением / Технические газы, 2006, №3, с.21-28], який включає стиснення зрідженого природного газу насосом, випаровування та підігрівання природного газу за рахунок електропідігрівача.

Але цей спосіб вимагає використання зовнішнього живлення підігрівача та насосу, що спричиняє технічні ускладнення та подорожчання природного газу, який подають до газотранспортної системи.

Найбільш близьким по суті є відомий спосіб регазифікації ЗПГ [Патент ЄАПВ №008336 F17C9/04 Энергетический цикл с регазификацией сжиженного природного газа. Мэк Джон (US) Флуор Текнолоджиз Корпорэйшн (US) - №200501899, Зареєстровано 2003.08.26, Опубл. 2007.04.27], який включає стиснення зрідженого природного газу насосом, випаровування та підігрівання природного газу робочим тілом до температури подачі в газотранспортну систему, розширення робочого тіла в детандері з виробленням електроенергії та

передачу її частини зовнішнім споживачам, фракціонування ЗПГ на компоненти та зрідження дистильного пару з використанням ЗПГ в якості охолоджувача.

Цей відомий спосіб не дозволяє подати до газотранспортної системи весь об'єм природного газу, оскільки частину ЗПГ використовують у відкритому контурі в якості робочого тіла і після розширення на детандері вона має тиск, менший ніж в газотранспортній системі. Також в цьому способі використовують тепло енергетичної установки, робота якої потребує палива, наприклад, спалювання частини природного газу. До того ж електричну енергію, що виробляють в детандері, використовують для внутрішніх потреб, та/або на експорт.

В основу пропозиції поставлене завдання вдосконалення способу регазифікації зрідженого природного газу з виробленням електроенергії, в якому в результаті зміни переміщення робочого тіла та підігрівання робочого тіла від зовнішнього середовища забезпечують подачу всього об'єму природного газу до газотранспортної системи та використання тепла зовнішнього середовища і за рахунок цього виключають втрати природного газу, що подають до транспортної системи, крім того, електроенергію використовують для роботи насосів в способі, що пропонується.

Поставлене завдання досягається тим, що у способі регазифікації зрідженого природного газу з

(13) **U**  
(11) **55853**  
(19) **UA**

виробленням електроенергії, який включає стиснення зрідженого природного газу насосом, випаровування та підігрівання природного газу робочим тілом до температури подачі в газотранспортну систему, розширення робочого тіла в детандері з виробленням електроенергії та передачу її частини зовнішнім споживачам, згідно пропозиції, робоче тіло переміщують в замкненому циклі, підігрівають від зовнішнього середовища, а частину виробленої електричної енергії використовують для приводу насосів.

Запропонований спосіб дозволяє вирішити поставлене завдання завдяки тому, що у замкненому циклі використовують окреме робоче тіло, відмінне від загального потоку природного газу, крім того, вироблену в детандері електроенергію спрямовують на приводи насосів, які здійснюють стиснення ЗПГ та подачу робочого тіла.

Схема процесу регазифікації зрідженого природного газу з виробленням електроенергії зображена на кресленні. Процес регазифікації зрідженого природного газу з виробленням електроенергії проводять наступним чином: ЗПГ подають на насос 1, де його стискають до тиску у газотранспортній системі, потім подають на теплообмінник 2, де робоче тіло, наприклад, суміш вуглеводнів, обертають у замкненому циклі, а ЗПГ переводять до газоподібного стану і підігрівають до температури газотранспортної системи 3. Підігрівання ЗПГ в теплообміннику 2 здійснюють за рахунок тепла робочого тіла 4, яке подають в теплообмінник 2 в протипотік до ЗПГ, охолоджують та зріджують в теплообміннику 2, потім насосом 5 подають до теплообмінника 6, де випаровують та підігрівають від зовнішнього середовища, потім подають на детандер 7, де розширюють з виробленням електроенергії. Електроенергію, що виробляють генератором на детандері 7 живлять насоси 1 та 5, решту електроенергії передають зовнішнім споживачам.

Приклад 1 (за найближчим аналогом) ЗПГ подають насосом до трубопроводу і розподіляють на два потоки, один з яких використовують, як робоче тіло у відкритому циклі. Робоче тіло подають іншим насосом на теплообмінник і випаровують та нагрівають за рахунок тепла енергетичної установки. Після нагрівання робоче тіло розширюють на детандері з виробленням електроенергії та подають в інший теплообмінник для випаровування і нагрівання іншого потоку ЗПГ. Електроенергію, вироблену на детандері, використовують для внутрішнього споживання, та/або на експорт.

Приклад 2 (за запропонованим способом) На дослідній установці з регазифікації ЗПГ за запропонованою схемою здійснювали підготовку ЗПГ до подачі природного газу в газотранспортну систему. В якості природного газу використовували метан (100%), в якості робочого тіла - етан (100%). ЗПГ подавали на насос 1, де його стискали до тиску газотранспортної системи, потім подавали на теплообмінник 2, де робоче тіло обертали у замкненому циклі, а ЗПГ переводили до газоподібного стану і підігрівали до температури газотранспортної системи 3. Підігрівання ЗПГ в теплообміннику 2 здійснювали за рахунок тепла робочого тіла 4, яке подавали в теплообмінник ТО-2 в протипотік до ЗПГ, охолоджували та зріджували, потім насосом 5 подавали до теплообмінника 6, де випаровували та підігрівали від зовнішнього повітря, потім подавали на детандер 7, де розширювали з виробленням електроенергії. Електроенергію, що виробляли генератором на детандері 7 живили насоси 1 та 5, решту електроенергії передали зовнішнім споживачам. Температура зовнішнього повітря складала -5°C. Показники природного газу та компоненти перед входом на елементи схеми і показники вироблення електроенергії елементами схеми наведені в таблиці.

Таблиця

Показники процес регазифікації зрідженого природного газу з виділенням електроенергії

Елемент схеми	Тиск, ата	Температура, °C	Потік, кмоль/год	Стан	Виділення/споживання електроенергії, кВт
1. Насос Н-1	1.5	-160	6239.6	рідкий	-361
2. Теплообмінник ТО-2	50	-158	6239.6	рідкий	-
3. Газотранспортна система	50	-30	6239.6	газ	
4. Зовнішня порожнина теплообмінника ТО-2	12.7	-21.7	5850.0	газ	
5. Насос Н-2	12.7	-25.2	5850.0	рідкий	-56
6. Теплообмінник ОН-1	17.8	-24.7	5850.0	рідкий	-
7. Детандер Д-1	17.8	-5	5850.0	газ	750

З таблиці видно, що

1) В запропонованому способі тиск робочого тіла (етану) на виході з детандера складає 12.7 ата. В способі-прототипі в якості робочого тіла низьким тиском відносно газотранспортної системи, тиск в якій складає 50 ата, не може бути поданий безпосередньо в газотранспортну систему.

2) В запропонованому способі в теплообміннику 1 за рахунок зовнішнього повітря етан отримує  $52.6 - (-18.4) = 71.0$  ГДж

тепла. В способі-прототипі тепло для нагріву природного газу споживають від енергетичної установки. Для вироблення такої кількості тепла необхідне спалення не менш як  $2000 \text{ нм}^3$  природного газу, або близько 1.4% від загальної кількості ЗПГ, що регазифікують.

3) В запропонованому способі на детандері виробляють 750 кВт електроенергії. Електричної енергії, що виробляють на детандері, повністю вистачає для живлення насосів Н-1 та Н-2

$361 \text{ кВт} + 56 \text{ кВт} = 417 \text{ кВт}$ .

Решту електроенергії

$750 \text{ кВт} - 417 \text{ кВт} = 333 \text{ кВт}$ .

передають до загальної електромережі. В способі-прототипі електричну енергію, що виробляється детандером, використовують для внутрішнього використання, та/або на експорт.

Таким чином, запропонований спосіб регазифікації зрідженого природного газу з виробленням електроенергії позбавлений від недоліків прита-

маних прототипу та має ті переваги, що забезпечує енерго- та ресурсоекономічного постачання газифікованого ЗПГ до газотранспортної системи, а саме: постачання до газотранспортної системи всього об'єму газу, який регазифікується з ЗПГ; використання тепла зовнішнього середовища для підігрівання робочого тіла; живлення насосів від електроенергії, що виробляється на детандері.

