



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **36081** (13) **U**  
(51) МПК (2006)  
F25B 1/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ**ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) ХОЛОДИЛЬНА КОМПРЕСОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО РІДКОГО ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ**

1

2

(21) u200806671

(22) 15.05.2008

(24) 10.10.2008

(46) 10.10.2008, Бюл.№ 19, 2008 р.

(72) ФЕДЧУН ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ, UA, КРУШЕВ ВІКТОР АНДРІЙОВИЧ, UA, ЄГРІЩІН МИХАЙЛО ЄГОРОВИЧ, UA, ЛАВРЕНЧЕНКО ГЕОРГІЙ КОСТЯНТИНОВИЧ, UA, КОПИТІН ОЛЕКСІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ, UA

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ОДЕСЬКИЙ ПРИПОРТОВИЙ ЗАВОД", UA, УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ ВИРОБНИКІВ ТЕХНІЧНИХ ГАЗІВ "УА-СІГМА", UA

(57) Холодильна компресорна установка високого тиску для виробництва низькотемпературного рідкого діоксиду вуглецю, що містить сполучені між собою системою технологічних трубопроводів чотириступінчатий поршневий компресор, адсорбційний блок осушення, електронагрівник, конденсатор та ізоермічний резервуар для зберігання низькотемпературного рідкого діоксиду вуглецю, яка **відрізняється** тим, що вона додатково містить водяний скруббер, вологовідокремлювач, холодильники-вологовідокремлювачі, відокремлювач рідини, абсорбційну бромистолітєву холодильну машину та регенеративний теплообмінник, при цьому вихід водяного скруббера сполучений з вологовідокремлювачем, вихід якого сполучений з першим ступенем чотириступінчатого поршневого

компресора, вихід якого через перший холодильник-вологовідокремлювач сполучений з другим ступенем, який через другий холодильник-вологовідокремлювач сполучений з третім ступенем, який через третій холодильник-вологовідокремлювач сполучений з четвертим ступенем чотириступінчатого поршневого компресора, вихід якого через четвертий холодильник-вологовідокремлювач сполучений з першим входом адсорбційного блока осушення, вихід якого сполучений з входом конденсатора, вихід якого сполучений з відокремлювачем рідини, перший вихід якого сполучений з першим входом регенеративного теплообмінника, а другий вихід - з другим входом регенеративного теплообмінника, перший вихід якого сполучений з входом ізоермічного резервуара для зберігання низькотемпературного рідкого діоксиду вуглецю, вихід якого сполучений з магістраллю, що з'єднує відокремлювач рідини з другим входом регенеративного теплообмінника, причому перший, другий, третій і четвертий холодильники-вологовідокремлювачі сполучені також з абсорбційною бромистолітєвою холодильною машиною, яка сполучена з конденсатором, а другий вихід регенеративного теплообмінника сполучений з входом електронагрівника, вихід якого сполучений з адсорбційним блоком осушення.

Корисна модель відноситься до устаткування, установкам і великотоннажним комплексам для виробництва низькотемпературного рідкого діоксиду вуглецю, що використовується в машинобудуванні, харчовій промисловості, нафто- і газопереобробці. Корисна модель може знайти широке застосування на підприємствах, де виробляється карбамід, а також реалізуються процеси паровуглекислотної конверсії метану.

Відомі холодильні компресорні установки, що реалізують термодинамічні цикли високого тиску зі стиском газоподібного діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) до 7 МПа для його подальшої конденсації і дроселю-

вання з метою одержання низькотемпературного рідкого CO<sub>2</sub> [Холодильная техника. Энциклопедический справочник в 2-ух книгах. Книга 2. Применение холода в промышленности и на транспорте. - М.: Госторгиздат, 1961. - 575с]. Загальний їх недолік - великі питомі витрати електроенергії на виробництво низькотемпературного рідкого CO<sub>2</sub>, що становлять 0,35кВт·г/кг. Основні причини низької економічності установок високого тиску обумовлені високою температурою конденсації CO<sub>2</sub> і, як наслідок, високим тиском нагнітання поршневого багатоступінчатого компресора.

(13) **U**(11) **36081**(19) **UA**

Відома також холодильна компресорна установка високого тиску для виробництва низькотемпературного рідкого диоксида  $\text{CO}_2$ , до складу якої введене устаткування для видобутку артезіанської води з температурою  $15^\circ\text{C}$ , що подається для охолодження конденсатора [см. Пименова Т.Ф. Производство и применение сухого льда, жидкого и газообразного диоксида углерода. - М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982. - 208с]. У такій установці можна підтримувати температуру конденсації  $\text{CO}_2$  на  $10^\circ\text{C}$  нижче, ніж у випадку охолодження його водою з мережі підприємства.

Недолік вказаної установки полягає в тому, що в його основі лежить рішення, яке має вкрай обмежене застосування і до того ж лише на декілька відсотків (до 5%) знижує питомі витрати енергії на виробництво низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю.

Найбільш близькою до корисної моделі, що заявляється, є холодильна компресорна установка високого тиску для виробництва низькотемпературного рідкого диоксида  $\text{CO}_2$  [см. Пименова Т.Ф. Производство и применение сухого льда, жидкого и газообразного диоксида углерода. - М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982. - 208с]. Вказана установка містить сполучені між собою системою технологічних трубопроводів чотириступінчатий поршневий компресор, адсорбційний блок осушення, електронагрівник, конденсатор, дросельний вентиль і резервуар для зберігання низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю.

Дана установка обрана прототипом.

Прототип і установка, що заявляється, мають такі спільні вузли і елементи:

- чотириступінчатий поршневий компресор;
- адсорбційний блок осушення;
- електронагрівник;
- конденсатор;
- ізотермічний резервуар для зберігання низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю.

Однак ефективність відокремлення рідини виявляється низькою через те, що одночасно з газами, які не конденсуються, із нього відводяться на всмоктування до четвертого ступеня багаступінчатого компресору і пари  $\text{CO}_2$ . Це призводить, по-перше, до перевантаження четвертого ступеня компресора і збільшення зносу його циліндро-поршневої групи, по-друге, до повернення газів, що не конденсуються, до відокремлювача рідини, по-третє, до збільшення тиску конденсації і, як наслідок, до збільшення витрат електроенергії. Дане рішення в зв'язку з цим не сприяє зниженню питомої витрати електроенергії, яка в кращому випадку становить  $0,35\text{кВт}\cdot\text{г/кг}$ .

Великі питомі витрати енергії на виробництво низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю і несприятливі умови роботи чотириступінчатого компресору, що зумовлені збільшенням витрат газу через його четвертий ступінь.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити холодильну компресорну установку високого тиску для виробництва низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю, в якій шляхом введення нових елементів та іншої схеми сполучення нових і відомих вузлів та елементів забезпечити зниження питомих витрат енергії на виробництво

низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю і запобігання його втрат в навколишнє середовище.

Поставлена задача вирішена в холодильній компресорній установці високого тиску для виробництва низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю, що містить сполучені між собою системою технологічних трубопроводів чотириступінчатий поршневий компресор, адсорбційний блок осушення, електронагрівник, конденсатор та ізотермічний резервуар для зберігання низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю тим, що вона додатково містить водяний скруббер, вологовідокремлювач, холодильники-вологовідокремлювачі, відокремлювач рідини, абсорбційну бромистолітєву холодильну машину та регенеративний теплообмінник, при цьому вихід водяного скрубера сполучений з вологовідокремлювачем, вихід якого сполучений з першим ступенем чотириступінчатого поршневого компресора, вихід якого через перший холодильник-вологовідокремлювач сполучений з другим ступенем, який через другий холодильник-вологовідокремлювач сполучений з третім ступенем, який через третій холодильник-вологовідокремлювач сполучений з четвертим ступенем чотириступінчатого поршневого компресора, вихід якого через четвертий холодильник-вологовідокремлювач сполучений з першим входом адсорбційного блока осушення, вихід якого сполучений з входом конденсатора, вихід якого сполучений з відокремлювачем рідини, перший вихід якого сполучений з першим входом регенеративного теплообмінника, а другий вихід - через дросельний вентиль з другим входом регенеративного теплообмінника, перший вихід якого через дросельний вентиль сполучений з входом ізотермічного резервуара для зберігання низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю, вихід якого через дросельний вентиль сполучений з магістраллю, що з'єднує відокремлювач рідини з другим входом регенеративного теплообмінника, причому перший, другий, третій і четвертий холодильники-вологовідокремлювачі сполучені також з абсорбційною бромистолітєвою холодильною машиною, яка сполучена з конденсатором, а другий вихід регенеративного теплообмінника через дросельний вентиль сполучений з входом електронагрівника, вихід якого сполучений з адсорбційним блоком осушення.

Новим в корисній моделі, що заявляється, є наявність додаткових вузлів та елементів:

- водяний скруббер;
- вологовідокремлювач;
- холодильники-вологовідокремлювачі;
- відокремлювач рідини;
- абсорбційна бромистолітєва холодильна машина;
- регенеративний теплообмінник.

Новою також є схема сполучення відомих і додатково введених в установку вузлів та елементів. Зв'язок між сукупністю заявлених ознак і досягненням заявленого результату можна пояснити наступним.

1. Використання холодної води з температурою  $5^\circ\text{C}$ , виробленої в абсорбційній бромистолітєвій холодильній машині, дозволяє знизити температуру конденсації  $\text{CO}_2$  на  $20^\circ\text{C}$  у порівнянні з її

значенням у випадку охолодження його водою з мережі підприємства. Це призводить до зниження тиску конденсації і, відповідно, тиску нагнітання багатоступінчатого поршневого компресора з 7 до 5,5МПа.

2. Для забезпечення роботи абсорбційної бромистолітєвої холодильної машини використовується високотемпературна частина теплоти, що відводиться від CO<sub>2</sub>, який послідовно стискається в усіх ступенях компресора.

Заявлена холодильна компресорна установка зображена на кресленні.

Холодильна компресорна установка високого тиску для виробництва низькотемпературного рідкого диоксиду вуглецю містить сполучені між собою системою технологічних трубопроводів водяний скруббер 1, вологовідокремлювач 2, холодильники-вологовідокремлювачі 3, 4, 5, 6, електронагрівник 7, конденсатор 9.

На трубопроводах установлені дросельні вентилі 8, 10, 11, 12. Водяний скруббер 1 забезпечений насосом 13. Установка також містить перший ступінь чотиріступінчатого поршневого компресора 14, другий ступінь 15, третій ступінь 16, четвертий ступінь 17, а також адсорбційний блок осушення 18, абсорбційну бромистолітєву холодильну машину 19, відокремлювач рідини 20, регенеративний теплообмінник 21, та ізотермічний резервуар для зберігання низькотемпературного рідкого диоксиду вуглецю 22.

Перелічені елементи і вузли установки сполучені між собою за такою схемою.

Вихід водяного скрубера 1 сполучений з вологовідокремлювачем 2, вихід якого сполучений з першим ступенем чотиріступінчатого поршневого компресора 14, вихід якого через перший холодильник-вологовідокремлювач 3 сполучений з другим ступенем 15, який через другий холодильник-вологовідокремлювач 4 сполучений з третім ступенем 16, який через третій холодильник-вологовідокремлювач 5 сполучений з четвертим ступенем 17 чотиріступінчатого поршневого компресора, вихід якого через четвертий холодильник-вологовідокремлювач 6 сполучений з першим входом адсорбційного блока осушення 18, вихід якого сполучений з входом конденсатора 9, вихід якого сполучений з відокремлювачем рідини 20, перший вихід якого через дросельний вентиль 11 сполучений з першим входом регенеративного теплообмінника 21, а другий вихід - з другим входом регенеративного теплообмінника 21, перший вихід якого через дросельний вентиль 12 сполучений з входом ізотермічного резервуара для зберігання низькотемпературного рідкого диоксиду вуглецю 22, вихід якого через дросельний вентиль 11 сполучений з магістраллю, що з'єднує відокремлювач рідини 20 з другим входом регенеративного теплообмінника 21, при чому перший 3, другий 4, третій 5 і четвертий 6 холодильники-вологовідокремлювачі сполучені також з абсорбційною бромисто-літєвою холодильною машиною

19, яка сполучена з конденсатором 9, а другий вихід регенеративного теплообмінника 21 через дросельний вентиль 8 сполучений з входом електронагрівника 7, вихід якого сполучений з адсорбційним блоком осушення 18.

Принцип дії установки полягає в наступному. Газоподібний диоксид вуглецю надходить у водяний скруббер 1, в якому промивається і охолоджується водою, що циркулює за допомогою насоса 13. Після скрубера 1 газоподібний CO<sub>2</sub> подається на всмоктування в перший ступінь 14 чотиріступінчатого компресора, попередньо пройшовши вологовідокремлювач 2. В компресорі CO<sub>2</sub> потім стискається в наступних ступенях стиску 15, 16, 17 до тиску 5,5МПа і охолоджується в холодильниках-вологовідокремлювачах 3, 4, 5, 6. Міжступінчаті і кінцеве охолодження CO<sub>2</sub> здійснюється теплоносієм, а потім водою. Теплоносій циркулює між абсорбційною бромистолітєвою холодильною машиною 19 і зазначеними вище холодильниками. При цьому теплоносій відводить високотемпературну частину теплоти компримування, що використовується в абсорбційній бромистолітєвій холодильній машині 19 для вироблення холодної води, що застосовується для конденсації газоподібного CO<sub>2</sub> у конденсаторі 9.

Після компресора газоподібний CO<sub>2</sub> високого тиску проходить адсорбційний блок осушення 18 і потім конденсатор 9, після якого накопичується в рідкому виді у відокремлювачі рідини 20. В ньому відбувається відділення газів, що не конденсуються, від рідкого диоксиду вуглецю високого тиску. З нижньої частини відокремлювана рідини 20 рідкий диоксид вуглецю надходить для переохолодження в регенеративний теплообмінник 21. Потім він дроселюється через вентиль 12 до тиску 1,6МПа в ізотермічну ємність 22 для зберігання низькотемпературного рідкого диоксида вуглецю.

Пари CO<sub>2</sub> з ізотермічної ємності 22 дроселюються через вентиль 11 до тиску 0,6МПа. Вони перед надходженням у регенеративний теплообмінник 21 попередньо змішуються з CO<sub>2</sub>, що дроселюється через дросельний вентиль 10 до тиску 0,6МПа з відокремлювача рідини 20. Разом з парами CO<sub>2</sub> відокремлювач рідини 20 залишаються і гази, що не конденсуються. Далі пари CO<sub>2</sub> і гази, що не конденсуються, дроселюються через вентиль 8 до тиску 0,11МПа і подаються на регенерацію і заохолодження одного з адсорберів блоку осушення 18. Гази перед регенерацією проходять попередньо електронагрівник 7. Після адсорбційного блоку осушення 18 пари CO<sub>2</sub> і гази, що не конденсуються, викидаються в атмосферу.

При виробництві низькотемпературного рідкого диоксиду вуглецю в заявленій установці питому витрату електроенергії можна знизити на 25% і довести цей показник до 0,24кВт·год.

Для вуглекислотної станції, продуктивністю 10т/год. низькотемпературного рідкого диоксиду вуглецю, річна економія електроенергії становить 6,4млн. кВт·год.

