



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **107524** (13) **C2**  
(51) МПК

**A61K 9/28** (2006.01)

**A61K 31/215** (2006.01)

**A61P 17/06** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

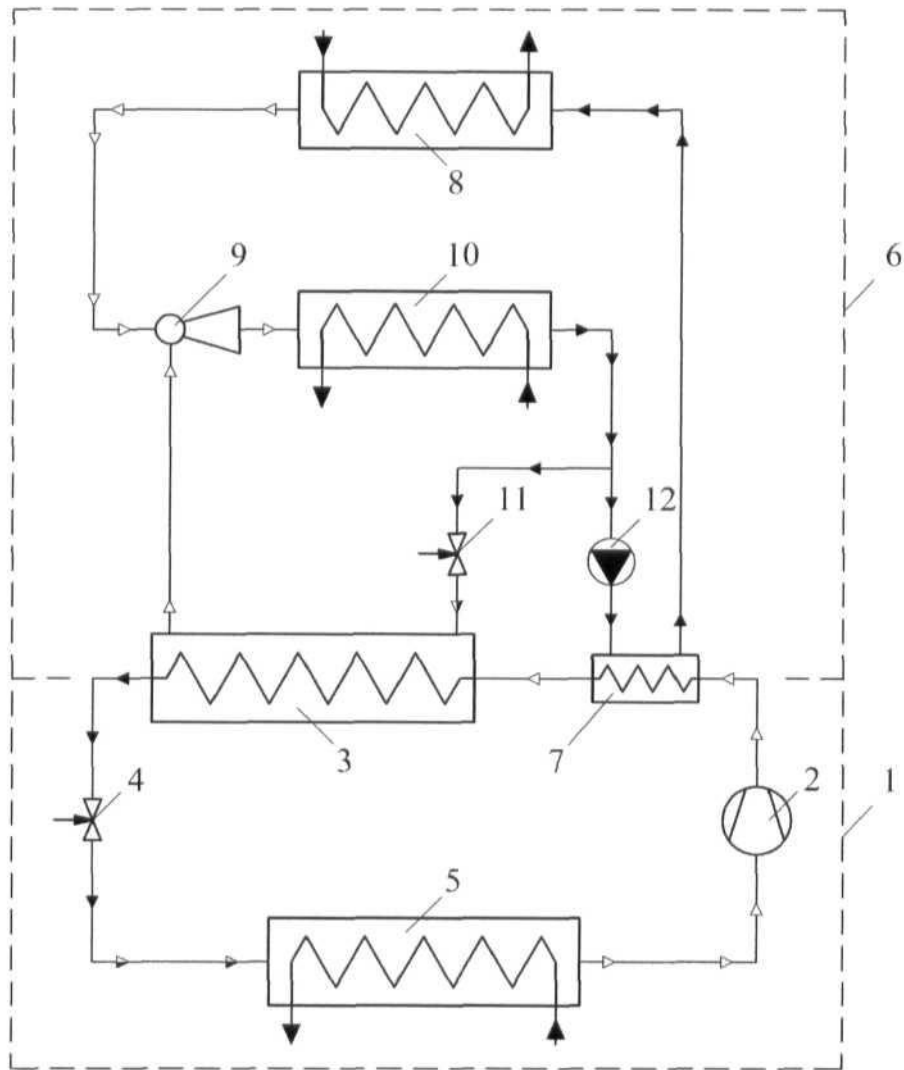
<p>(21) Номер заявки: <b>а 2013 08241</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>01.07.2013</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>12.01.2015</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>10.11.2014, Бюл.№ 21</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.01.2015, Бюл.№ 1</b></p> <p>(72) Винахідник(и): <b>Петренко Володимир Олексійович (UA), Єрін Володимир Олександрович (UA), Воловик Олексій Станіславович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039 (UA)</b></p>	<p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 359486 A1, 21.11.1972 SU 723319 A1, 25.03.1980 Sun Da-Wen. Solar powered combined ejector-vapour compression cycle for air conditioning and refrigeration / Sun Da-Wen // Energy Conversion &amp; Management - 1997. - Т. 38. - № 5. - р. 481, fig. 1a, 1 стор. GB 2305235 A, 02.04.1997 JP 2005271906 A, 06.10.2005 SU 1038751 A1, 30.08.1983 SU 1401237 A1, 07.06.1988 UA 20572 A, 27.02.1998 US 2012/0234026 A1, 20.09.2012 Петренко В.А. Теоретическое исследование и проектирование каскадной компрессионно-эжекторной холодильной машины / В.А. Петренко, В.А. Ерин // Сучасні проблеми холодильної техніки і технології. 7-а Міжнародна науково-технічна конференція. Збірник тез та доповідей. Частина перша. Одеса-2011. - С.32-34, 3 стор.</p>
--	--

**(54) СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДУ В КАСКАДНІЙ КОМПРЕСІЙНО-ЕЖЕКТОРНІЙ ХОЛОДИЛЬНІЙ МАШИНІ**

**(57) Реферат:**

Спосіб виробництва холоду в каскадній компресійно-ежекторній холодильній машині містить компресійну холодильну машину в нижньому ступені каскаду та тепловикористальну ежекторну холодильну машину в верхньому ступені каскаду, що передбачає стискання в компресорі парів холодоагенту низького тиску до стану перегріву при високій температурі, їх попереднє охолодження в додатковому нагрівачі-пароохолоджувачі ежекторної холодильної машини та подальше охолодження і конденсацію при високому тиску в конденсаторі-випарнику, дроселювання отриманої рідини до низького тиску в дросельному вентилі, подачу її у випарник для отримання холодильного ефекту. Крім цього спосіб передбачає попередній підігрів робочої речовини, що подається в парогенератор, в додатковому нагрівачі-пароохолоджувачі, за рахунок використання теплоти стислої перегрітої пари холодоагента, що виходить з компресора нижнього ступеня каскаду, підведення теплоти до рідкої робочої речовини в парогенераторі з отриманням пари високого тиску, ежекування і стискання ним пари холодильного агента низького тиску з конденсатора-випарника в ежекторі, зріджування суміші робочої і холодної пари при проміжному тиску в конденсаторі, поділ рідини, що виходить з конденсатора, на два потоки, підвищення тиску одного з цих потоків в живильному насосі та подачу його в парогенератор, дроселювання другого потоку в регулюючому вентилі до низького тиску і подачу його у конденсатор-випарник для отримання холодильного ефекту.

UA 107524 C2



Винахід належить до галузі холодильної техніки і може бути застосований в системах охолодження і кондиціювання повітря.

Відомий спосіб виробництва холоду, який реалізований в каскадних холодильних машинах [див. Авторські свідоцтва SU № 359486 МПК F25B 7/00, 21.11.1972, RU № 2047058 МПК F25B 7/00, 27.10.1995], що містять дві компресійні холодильні машини. Спосіб включає стискання в компресорі парів холодоагенту низького тиску до стану перегрівання при високій температурі, їх подальше охолодження і конденсацію при високому тиску в конденсаторі, дроселювання отриманої рідини до низького тиску в дросельному вентилі, подачу її у випарник для отримання холодильного ефекту, при цьому конденсація при високому тиску холодоагенту нижнього ступеня каскаду здійснюється за рахунок холоду отриманого при кипінні при низькому тиску холодоагенту верхнього ступеня каскаду в спільному для обох каскадів теплообмінному апараті - конденсаторі-випарнику.

Недоліком вказаного способу роботи холодильних установок є низька енергетична ефективність, яка пояснюється тим, що в обох ступенях каскаду використовується електрична енергія для приводу компресорів, що істотно збільшує споживану потужність усієї каскадної машини.

Відомий спосіб виробництва холоду, який реалізований в компресійній каскадній холодильній машині [див. Авторське свідоцтво SU № 723319 МПК F25B 7/00, 25.03.1980], що містить компресійну холодильну машину в нижньому ступені каскаду і повітряну холодильну машину в верхньому ступені каскаду. Спосіб включає стискання в компресорі нижнього ступеня каскаду парів холодоагенту низького тиску до стану перегрівання при високій температурі, їх подальше охолодження і конденсацію при високому тиску в конденсаторі, дроселювання отриманої рідини до низького тиску в дросельному вентилі, подачу її у випарник для отримання холодильного ефекту, а також стискання в компресорі верхнього ступеня каскаду повітря, подачу стислого повітря в сопло Лавалю, та адіабатичне розширення повітря в ньому зі зниженням температури і тиску. Крім цього, спосіб включає подачу через дозатор теплої рідини в потік холодного повітря із змішувача, що знаходиться в конденсаторі нижнього ступеня каскаду, змішування рідини з холодним повітрям, внаслідок чого ця рідина охолоджується, подачу газорідної суміші в сепаратор, поділ цієї суміші в сепараторі на повітря і охолоджену рідину та подачу рідини в змішувач для охолодження і конденсації холодоагенту нижнього каскаду.

Недоліком вказаного способу роботи холодильних установок є низька енергетична ефективність, яка пояснюється тим, що в обох ступенях каскаду використовується електрична енергія для приводу компресорів, що істотно збільшує споживану потужність усієї каскадної машини.

Найбільш близьким технічним рішенням є спосіб отримання холоду, який реалізований в каскадній компресійно-ежекторній холодильній машині [див. Sun Da-Wen. Solar powered combined ejector-vapour compression cycle for air conditioning and refrigeration // Energy Conversion & Management. - 1997. - Т. 38. - № 5. - р. 481, fig. 1a], що містить компресійну холодильну машину в нижньому ступені каскаду і тепловикористальну ежекторну холодильну машину в верхньому ступені каскаду. Спосіб передбачає стискання в компресорі парів холодоагенту низького тиску до стану перегрівання при високій температурі, їх подальше охолодження і конденсацію при високому тиску в конденсаторі-випарнику, дроселювання отриманої рідини до низького тиску в дросельному вентилі, подачу її у випарник для отримання холодильного ефекту. Крім цього спосіб включає підведення теплоти до рідкої робочої речовини в парогенераторі з отриманням пари високого тиску, ежекування і стискання ним пари холодильного агента низького тиску з конденсатора-випарника в ежекторі, попереднє охолодження суміші робочої і холодної пари в рекуперативному теплообміннику та її зріджування при проміжному тиску в конденсаторі, поділ рідини, що виходить з конденсатора, на два потоки, підвищення тиску одного з цих потоків в живильному насосі, його попередній підігрів в рекуперативному теплообміннику та подачу в парогенератор, дроселювання другого потоку в регулюючому вентилі до низького тиску і подачу його у конденсатор-випарник для отримання холодильного ефекту.

Цей спосіб вибраний як найближчий аналог.

Найближчий аналог і спосіб, що заявляється, мають наступні спільні ознаки (операції):

- стискання в компресорі парів холодоагенту низького тиску до стану перегрівання при високій температурі;
- охолодження і конденсацію парів холодоагенту при високому тиску в конденсаторі-випарнику;
- дроселювання рідкого холодоагенту до низького тиску в дросельному вентилі;

- подача холодоагента низького тиску у випарник для отримання холодильного ефекту;
- підведення теплоти до рідкої робочої речовини з отриманням пари високого тиску в парогенераторі;
- ежектування і стискання пари холодоагенту низького тиску з конденсатора-випарника парю робочої речовини високого тиску в ежекторі;
- зріджування суміші робочої і холодної пари при проміжному тиску в конденсаторі;
- поділ рідини, що виходить з конденсатора, на два потоки;
- підвищення тиску рідкої робочої речовини живильним насосом;
- подача рідкої робочої речовини високого тиску в парогенератор;
- дроселювання рідкого холодоагенту до низького тиску в регулюючому вентилі;
- подача холодоагенту низького тиску у конденсатор-випарник для отримання холодильного ефекту.

Недоліком вказаного способу роботи каскадної компресійно-ежекторної холодильної машини є низька енергетична ефективність, яка пояснюється тим, що в ньому не передбачена можливість корисного використання теплоти стислої перегрітої пари холодоагента, що виходить з компресора нижнього ступеня каскаду, для попереднього підігріву робочої речовини, що подається в парогенератор ежекторної холодильної машини верхнього ступеня каскаду.

В основу винаходу поставлено задачу створити спосіб виробництва холоду в каскадній компресійно-ежекторній холодильній машині, в якому шляхом попереднього підігріву робочої речовини, що подається в парогенератор, в додатковому нагрівачі-пароохолоджувачі тепловикористальної ежекторної холодильної машини верхнього ступеня каскаду, за рахунок використання теплоти стислої перегрітої пари холодоагента, що виходить з компресора нижнього ступеня каскаду, забезпечити підвищення енергетичної ефективності роботи за рахунок зменшення теплових навантажень на конденсатор-випарник каскадної машини, а також на генератор і конденсатор ежекторної холодильної машини верхнього ступеня каскаду, при цьому забезпечити істотне зниження масогабаритних характеристик ежекторної холодильної машини і всієї каскадної системи в цілому.

Поставлена задача вирішена в способі виробництва холоду в каскадній компресійно-ежекторній холодильній машині, що містить компресійну холодильну машину в нижньому ступені каскаду та тепловикористальну ежекторну холодильну машину в верхньому ступені каскаду, що передбачає стискання в компресорі парів холодоагенту низького тиску до стану перегрівання при високій температурі, їх подальше охолодження і конденсацію при високому тиску в конденсаторі-випарнику, дроселювання отриманої рідини до низького тиску в дросельному вентилі, подачу її у випарник для отримання холодильного ефекту, підведення теплоти до рідкої робочої речовини в парогенераторі з отриманням пари високого тиску, ежектування і стискання ним пари холодильного агента низького тиску з конденсатора-випарника в ежекторі, зріджування суміші робочої і холодної пари при проміжному тиску в конденсаторі, поділ рідини, що виходить з конденсатора, на два потоки, підвищення тиску одного з цих потоків в живильному насосі та подачу його в парогенератор, дроселювання другого потоку в регулюючому вентилі до низького тиску і подачу його у конденсатор-випарник для отримання холодильного ефекту, тим, що здійснюють попередній підігрів робочої речовини, що подається в парогенератор, в додатковому нагрівачі-пароохолоджувачі ежекторної холодильної машини верхнього ступеню каскаду, за рахунок використання теплоти стислої перегрітої пари холодоагента, що виходить з компресора нижнього ступеня каскаду.

Використання попереднього підігріву робочої речовини, що подається в парогенератор, в додатковому нагрівачі-пароохолоджувачі тепловикористальної ежекторної холодильної машини верхнього ступеня каскаду забезпечує зменшення кількості теплоти конденсації нижнього каскаду, яку потрібно відвести в конденсаторі-випарнику каскадної машини, що призводить до зменшення необхідної кількості холоду для здійснення цього процесу, тобто до зменшення холодопродуктивності ежекторної холодильної машини верхнього каскаду, і в наслідок цього - до зменшення необхідної кількості теплоти генерації, що підводиться від зовнішнього джерела та теплоти конденсації верхнього каскаду. Крім цього, попередній підігрів робочої речовини, що подається в парогенератор, в додатковому нагрівачі-пароохолоджувачі, забезпечує частину від загальної необхідної кількості теплоти генерації, зменшуючи її кількість, що підводиться від зовнішнього джерела.

Запропоноване рішення дозволяє підвищити енергетичну ефективність компресійної холодильної машини нижнього ступеня каскаду, внаслідок підвищення її холодильного коефіцієнта за рахунок зниження температури конденсації при використанні ежекторної холодильної машини в верхньому каскаді, що в свою чергу призводить до зростання енергетичної ефективності всієї каскадної системи в цілому. Крім цього, зменшення теплових

навантажень на конденсатор-випарник каскадної машини, а також на генератор і конденсатор ежекторної холодильної машини верхнього ступеня каскаду призводить до зменшення площі теплообмінної поверхні цих апаратів, і, як наслідок, - до зменшення їх масогабаритних характеристик і всієї каскадної компресійно-ежекторної холодильної машини в цілому.

5 Як холодоагенти для ежекторної холодильної машини верхнього ступеня каскаду пропонується переважно застосовувати низькокиплячі природні робочі речовини, такі як бутан (R600), ізобутан (R600a), аміак (R717) і інші органічні речовини.

На кресленні схематично представлена запропонована каскадна компресійно-ежекторна холодильна машина, в якій здійснюють запропонований спосіб.

10 Каскадна компресійно-ежекторна холодильна машина містить компресійну холодильну машину 1 в нижньому ступені каскаду, що складається з компресора 2, конденсатора-випарника 3, дросельного вентиля 4, випарника 5, а також тепловикористальну ежекторну холодильну машину 6 в верхньому ступені каскаду, що складається з конденсатора-випарника 3, нагрівача-пароохолоджувача 7, парогенератора 8, ежектора 9, конденсатора 10, регулюючого вентиля 11 і живильного насоса 12.

Перелічені вузли сполучені між собою в наступному порядку.

15 Вихід компресора 2 сполучений з першим входом нагрівача-пароохолоджувача 7, перший вихід якого сполучений з першим входом конденсатора-випарника 3. Перший вихід конденсатора-випарника 3 сполучений з входом дросельного вентиля 4, вихід якого сполучений з входом випарника 5. Вихід випарника 5 сполучений з входом компресора 2. Другий вихід нагрівача-пароохолоджувача 7 сполучений з входом парогенератора 8, вихід якого сполучений з першим входом ежектора 9. Вихід ежектора 9 сполучений з входом конденсатора 10, вихід якого сполучений з входом регулюючого вентиля 11 і входом живильного насоса 12. Вихід регулюючого вентиля 11 сполучений з другим входом конденсатора-випарника 3, другий вихід якого сполучений з другим входом ежектора 9. Вихід живильного насоса 12 сполучений з другим входом нагрівача-пароохолоджувача 7.

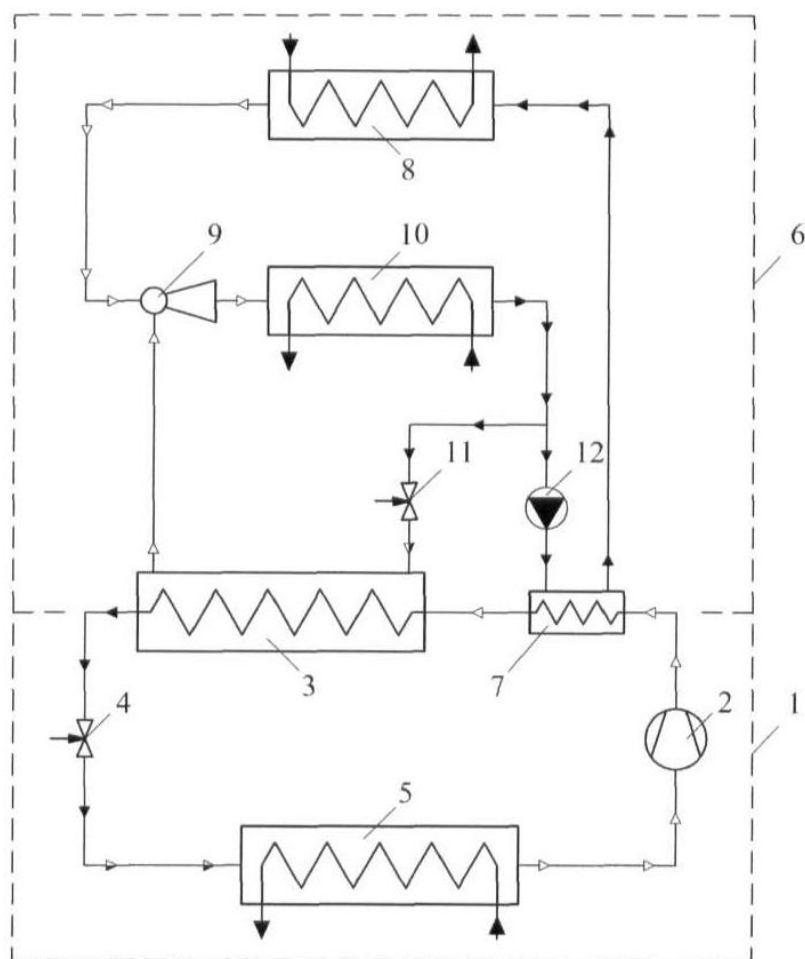
Спосіб здійснюють таким чином.

20 При підводі теплоти від джерела низької температури у випарнику 5 компресійної холодильної машини 1 нижнього ступеня каскаду утворюється пара холодоагенту низького тиску, яка спрямовується в компресор 2, стискається від тиску кипіння у випарнику 5  $p_0$  до тиску конденсації  $p_k$  в компресорі 2 і надходить до нагрівача-пароохолоджувача 7, в якому відводиться теплота від стислої перегрітої пари холодильного агента і здійснюється нагрівання робочої речовини тепловикористальної ежекторної холодильної машини 6 верхнього ступеня каскаду, що подається в парогенератор 8. Охолоджена пара холодоагента надходить до конденсатора-випарника 3, де в результаті відведення теплоти до холодоагенту ежекторної холодильної машини 6 відбувається її подальше охолодження і конденсація. Рідкий холодоагент після конденсатора-випарника 3 дроселюється в дросельному вентилі 4 і надходить до випарника 5 для виробництва холоду.

30 Рідка робоча речовина тепловикористальної ежекторної холодильної машини 6 верхнього ступеня каскаду, що надходить в нагрівач-пароохолоджувач 7, в результаті підведення теплоти стислої перегрітої пари холодоагента компресійної холодильної машини 1 нижнього ступеня каскаду, нагрівається і надходить в парогенератор 8. Робоча пара холодоагенту, що утворилася в парогенераторі 8 в результаті підведення теплоти генерації від зовнішнього джерела, надходить до сопла ежектора 9, розширюється в ньому і всмоктує холодну пару холодоагенту з конденсатора-випарника 3. Стиснена в дифузорі ежектора 9 суміш парів холодоагенту надходить до конденсатора 10, де за рахунок відведення теплоти конденсації в навколишнє середовище відбувається її зріджування. Рідкий холодоагент, що виходить з конденсатора 10, розділяється на два потоки, один з яких дроселюється в регулюючому вентилі 11 і надходить до конденсатора-випарника 3, а другий потік - живильним насосом 12 повертається через нагрівач-пароохолоджувач 7 в парогенератор 8.

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- Спосіб виробництва холоду в каскадній компресійно-ежекторній холодильній машині, що містить компресійну холодильну машину в нижньому ступені каскаду та тепловикористальну ежекторну холодильну машину в верхньому ступені каскаду, що передбачає стискання в компресорі парів холодоагенту низького тиску до стану перегріву при високій температурі, їх подальше охолодження і конденсацію при високому тиску в конденсаторі-випарнику, дроселювання отриманої рідини до низького тиску в дросельному вентилі, подачу її у випарник для отримання холодильного ефекту, підведення теплоти до рідкої робочої речовини в парогенераторі з отриманням пари високого тиску, ежекування і стискання ним пари холодильного агента низького тиску з конденсатора-випарника в ежекторі, зріджування суміші робочої і холодної пари при проміжному тиску в конденсаторі, поділ рідини, що виходить з конденсатора, на два потоки, підвищення тиску одного з цих потоків в живильному насосі та подачу його в парогенератор, дроселювання другого потоку в регулюючому вентилі до низького тиску і подачу його у конденсатор-випарник для отримання холодильного ефекту, який **відрізняється** тим, що здійснюють попередній підігрів робочої речовини, що подається в парогенератор, в додатковому нагрівачі-пароохолоджувачі тепловикористальної ежекторної холодильної машини верхнього ступеня каскаду, за рахунок використання теплоти стислої перегрітої пари холодоагента, що виходить з компресора нижнього ступеня каскаду.



Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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