



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117903** (13) **C2**
(51) МПК (2018.01)
F25B 7/00
F25B 9/10 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

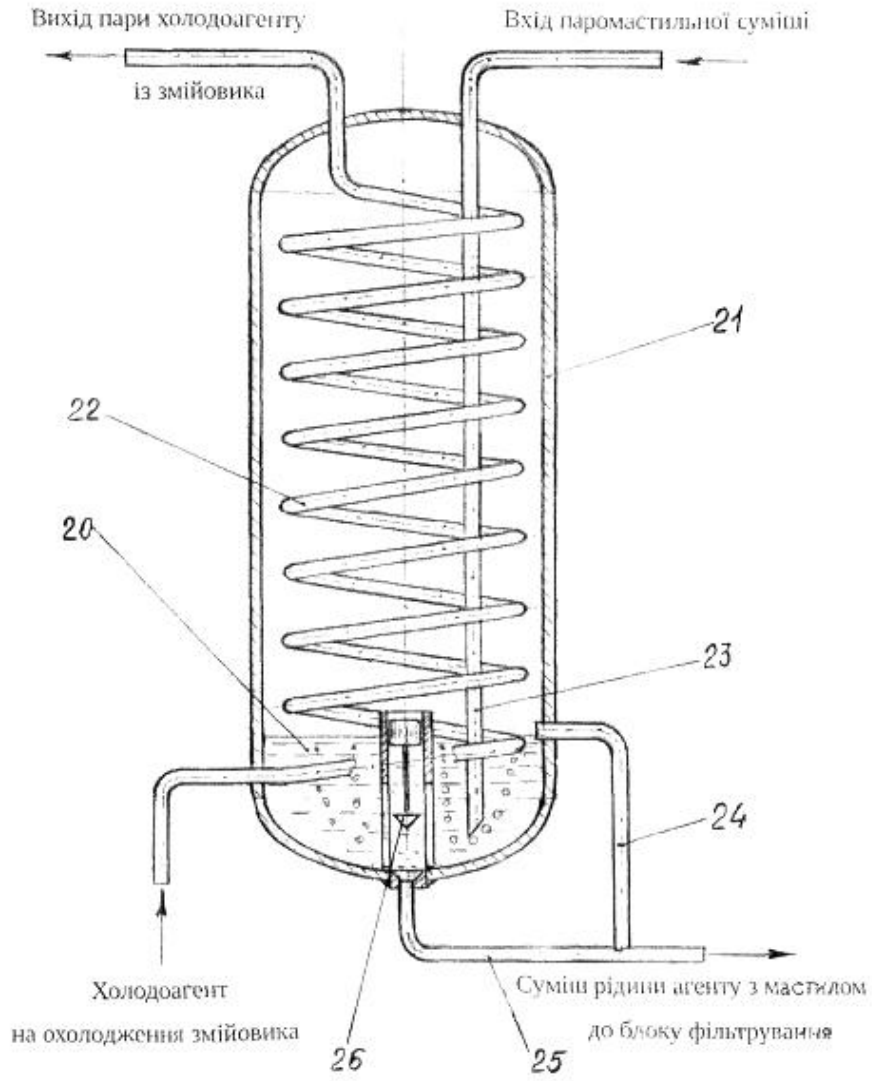
<p>(21) Номер заявки: а 2014 06625</p> <p>(22) Дата подання заявки: 13.06.2014</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.10.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.12.2015, Бюл.№ 24</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2018, Бюл.№ 20</p>	<p>(72) Винахідник(и): Русов Євген Христофорович (UA), Гоголь Микола Іванович (UA), Желязко Федір Степанович (UA), Гоголь Олексій Миколайович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1490400 A1, 09.11.1987 SU 157984 A1, 1963 RU 122159 U1, 20.11.2012 SU 313037 A1, 1971 US 5170639 A, 15.12.1992 US 5408848 A, 25.04.1995 US 4951474 A, 28.08.1990</p>
--	--

(54) НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНА КАСКАДНА ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА

(57) Реферат:

Винахід належить до техніки одержання низьких температур, а саме для досягнення і підтримання температурного рівня до мінус 150 °С. Заявлена низькотемпературна каскадна холодильна установка містить три каскади - верхній, середній та нижній. У верхньому каскаді сполучені між собою конденсатор та конденсатор-випарник. В середньому каскаді сполучені між собою компресор, конденсатор-випарник, рекуперативний теплообмінник рідини, розширювальна ємність. У нижньому каскаді сполучені між собою компресор, рекуперативний теплообмінник пари, рекуперативний теплообмінник рідини, блок фільтрації мастила, розширювальна ємність. Верхній каскад містить випарник для забезпечення температури до мінус 40 °С. Середній каскад містить випарник для забезпечення температури до мінус 80 °С. Нижній каскад містить барботажний конденсатор-випарник, сполучений рідинним і паровим трубопроводами з рекуперативним теплообмінником рідини, а також з рекуперативним теплообмінником пари та блоком фільтрації мастила нижнього каскаду, який сполучений з рекуперативним теплообмінником рідини, з компресором і конденсатором верхнього каскаду, та трубопроводом повернення мастила в картер компресора - з компресором нижнього каскаду, окрім того, на рідинних трубопроводах, що з'єднують випарники та конденсатори-випарники з рекуперативними теплообмінниками рідини, встановлено регулюючі вентилі. Винахід полягає у зниженні енерговитрат, підвищенні ефективності теплообміну у нижньому каскаді.

UA 117903 C2



Фіг. 2

Винахід належить до техніки одержання низьких температур, зокрема для вивчення властивостей і поведінки при низьких від'ємних температурах різноманітних речовин, матеріалів, хімічних сполук, біологічних об'єктів, а також конструктивних елементів складних механізмів літако- і суднобудування, космосу і приладів електронного типу, що спонукає
5 необхідність створення надійного джерела холоду для досягнення і підтримання температурного рівня до мінус 150 °С.

В арсеналі холодильної техніки є пристрої для одержання зазначеного температурного рівня. Наприклад, використання потенціалу рідкого азоту забезпечує одержання температури навіть нижче мінус 150 °С, але створення такого пристрою складне, працевитратне і потребує
10 постійної наявності азоту для підтримання необхідної температури.

За допомогою використання турбоповітряних холодильних комплексів також досягаються низькі температури. Системи, що скомпоновані на базі турбоповітряних холодильних комплексів, екологічно безпечні, проте теж складні і генерують високий рівень шуму, тому умови використання температурного потенціалу дещо ускладнені.

Більш простими і надійними для одержання низьких температур є системи на базі багатоступневих холодильних установок, які працюють на одноступневому холодоагенті. Недоліками таких установок є, по-перше, високі питомі енерговитрати на одиницю холоду, внаслідок малих геометричних об'ємів пари низького ступеня, а, по-друге, обмеженість температурних рівнів у межах мінус 85... мінус 90 °С. Значення температур є допустимою
20 межею застигання мастила, що циркулює у системі і повертається у картер компресор.

Найбільш досконалими, енергоефективними і надійними для досягнення і стабільного підтримання декількох рівнів низьких температур є установки з використанням каскадних циклів з одноступневими холодильними машинами, які працюють на різних холодоагентах. (В. С. Мартыновский "Холодильные машины" - М.: "Пищепромиздат", 1950.-252 с).

Основною перешкодою у досягненні низьких від'ємних температур у пароконденсаторних холодильних машинах є проблема надійного повернення мастила з системи у картер компресора, особливо в нижньому каскаді. Основною причиною, що стримує розширення температурного діапазону, є застигання мастила за наявності низьких температур, при яких припиняється його текучість у системі.

Для уникнення цього явища в каскадних холодильних установках використовують виморожування мастила в апараті із змішувачем, при температурах значно нижчих його замерзання. Однак мастило після компресора у паромасильній суміші неповністю виморожується на холодних поверхнях змішувача, і незначна кількість часток мастила потрапляє з потоком пари холодоагенту у нижній каскад, де осідає і накопичується.

Відома холодильна установка (див. патент РФ № 2047058 на винахід "Холодильная установка" F25 В 7/00, опубл. 27.10.1995), що містить конденсатор-випарник, який з'єднує верхній каскад, що включає компресор, конденсатор, регенеративний теплообмінник і терморегулюючий вентиль, з нижнім каскадом, що включає компресор, регенеративний теплообмінник, терморегулюючий вентиль, розміщений у термокамері випарника. Крім цього, у термокамері розміщено автономний двофазний термосифон з випарником і конденсатором, який охолоджується холодоагентом верхнього каскаду.

Підвищення економічності експлуатації холодильної системи досягається шляхом використання роботи тільки верхнього каскаду у режимі одержання помірного холоду (до мінус 20 °С). Більш глибокий холод у термокамері одержується при роботі обох каскадів.

Робота верхнього каскаду починається з відсмоктування компресором пари із конденсатора-випарника через конденсатор термосифона і рекуперативний теплообмінник. Двофазний термосифон працює у замкненому випарно-конденсаторному циклі. У випарнику рідкий холодоагент кипить, поглинаючи тепло, що надходить до камери, і тиск у випарнику підвищується, в результаті чого потік пари по паропроводу направляється до конденсатора термосифона, який охолоджується парою після конденсатора-випарника, внаслідок чого тиск у конденсаторі знижується. Наявність перепаду тиску між випарником і конденсатором забезпечує безперервну самоциркуляцію холодоагенту у контурі термосифону. Рідкий холодоагент з конденсатора по трубі знову надходить у випарник. Якщо температура у термокамері стане нижче, ніж у конденсаторі, самоциркуляція припиняється.

Запропонований режим одержання помірного холоду (мінус 90... мінус 20 °С) шляхом використання автономного двофазного термосифона дуже складний матеріалоемний і неефективний. Наявність у термокамері термосифона з випарником, конденсатором, комунікаціями ускладнює конструкцію установки, захаращує непотрібним обладнанням робочий об'єм термокамери, ускладнює умови експлуатації. На фоні інтенсивної теплопередачі, характерної для вимушеного конвективного теплообміну, використання самоциркуляції з кволим

рухом середовищ потребує значного збільшення площі теплообміну як випарника, так і конденсатора.

Запропонована авторами схема втрачає свою автономність, тому що вона залежить від стану конденсатора-випарника, який без користі експлуатується під час роботи у помірному режимі. Досягнення параметрів у режимі з помірним холодом можна здійснити без будь-яких ускладнень і зайвої витрати матеріалів і енергії. Достатньо після терморегулюючого вентиля верхнього каскаду парорідинну суміш, обминаючи конденсатор-випарник, направляти безпосередньо у випарник помірного холоду, а від нього направити пару через рекуперативний теплообмінник до компресора. Утворюються дві незалежні установки, де верхній каскад повністю автономний і не пов'язаний з конденсатором-випарником, котрий може бути на ремонті.

Відома низькотемпературна каскадна холодильна установка (див. авторське свідоцтво СРСР №157983 "Низькотемпературная каскадная холодильная установка", F25 В; 17а, опубл. 08.08.1963), в якій на лінії всмоктування нижнього каскаду, поміж випарником і компресором встановлено струминний апарат, що використовується як бустер-компресор. Конструктивне виконання установки дозволяє одержати більш низькі температури при меншій кількості каскадів, що спрощує конструкцію установки.

Струминний апарат працює на парі холодоагенту, який відбирається після компресора нижнього каскаду, і підвищує тиск пари, яка відсмоктується з випарника. Таким чином, в ньому можна одержати більш низькі температури. В найбільш поширених у холодильній техніці пароконденсаторних холодильних машинах нижня межа температури кипіння визначається тиском на рівні 0,1 МПа, що, наприклад, для R22 відповідає температурі кипіння мінус 80 °С.

Наведений рівень температури досягається дво- або триступеневою машиною, яка громіздка, матеріалоемна і має низьку ефективність.

Запропонований в авторському свідоцтві СРСР №157983 струминний апарат забезпечує досягнення значно нижчих тиску і температури кипіння холодоагенту при граничній конструктивній простоті. Використання струминного апарата при одержанні низьких від'ємних температур енергетично невигідне, але значні перевитрати енергії компенсуються зниженням матеріалоемності обладнання, комунікацій і працевитрат.

Пониження тиску на всмоктуванні пари мало впливає на величину коефіцієнта ежекції, але нестабільний тиск робочої пари, яка відводиться після компресора або конденсатора на сопло ежектора, погіршує роботу системи: коливання тиску робочої пари залежить від стабільної подачі на конденсатор охолоджуючого середовища (води, повітря). Крім цього, немає стабільності у роботі ежектора. При попаданні в отвір сопла паромасляної суміші її поведінка у камері змішування при низькій температурі пари така: мастило загустіває, і його частки відкладаються на виході із сопла і на стінках камери змішування, що призводить до розриву ежекції.

Враховуючи серйозні недоліки при тривалій підтримці низьких температур, а також значні перевитрати питомої енергії, установка зі струминним апаратом знайде короточасне, епізодичне використання на стаціонарному об'єкті.

Найбільш близькою до винаходу, що заявляється, є низькотемпературна каскадна холодильна установка (див. авторське свідоцтво СРСР №157984 "Низькотемпературная каскадная холодильная установка", F25 В; 17а, опубл. 08.08.1963), що містить три каскади з форконденсаторами в нижньому каскаді. Верхній каскад працює на R 22, середній на R13, і нижній - на R14. Елементами установки є випарник, регенеративні теплообмінники, газові теплообмінники, розширювальні ємності, компресори, маслорозділювачі, конденсатор, ресивер, фільтри, конденсатори-випарники, маслосбірник, осушувачі та форконденсатори.

У нижньому каскаді здійснюється повне виморожування мастила з холодоагенту. Для цього між компресором і конденсатором-випарником нижнього каскаду встановлено два форконденсатора. Це виключає попадання мастила у випарник і підвищує ефективність роботи установки. У роботі знаходиться завжди один з форконденсаторів, а другий у цей час знаходиться на регенерації (відтаюванні), з нього зливають вилвлене мастило.

Форконденсатор, основний елемент установки, який виконує функції мастиловідокремлювача, виконано у вигляді вертикального циліндра, всередині якого розміщені два змійовики. Один змійовик сполучено з конденсатором-випарником середнього каскаду, а другий - з лінією нагнітання компресора верхнього каскаду. При роботі проблем з поверненням мастила у картер компресорів верхнього і середнього каскадів не виникає. У машинах використовується синтетичні мастила з температурою застигання вище мінус 100 °С.

У нижньому каскаді, де досягається температура мінус 150 °С, повернення мастила у картер неможливе. Враховуючи ці обставини, авторами запропоновано у нижньому каскаді

використовувати мастила з температурою застигання у межах мінус 5... мінус 10 °С з наступним виморожуванням його у форконденсаторі.

5 Робота установки здійснюється наступним чином. Спочатку включається у роботу машина верхнього каскаду, яка забезпечує умови для конденсації пари середнього каскаду. Після цього у роботу вводиться машина середнього каскаду, яка забезпечує конденсацію пари нижнього каскаду у відповідному конденсаторі-випарнику. Пара холодоагентів середнього і нижнього каскадів надходить у конденсатори-випарники із відповідних розширювальних ємностей.

10 Після досягнення режимних параметрів верхнього каскаду частина рідкого холодоагенту з конденсатора-випарника середнього каскаду надходить після терморегулюючого вентиля у змійовик форконденсатора, на поверхні якого наможується мастило від компресора нижнього каскаду. Температура поверхні змійовика - у межах мінус 75... мінус 80 °С.

15 Основна маса рідини після середнього каскаду надходить до терморегулюючого вентиля випарника нижнього каскаду, де підтримується температура кипіння мінус 150 °С. Протягом тривалого часу роботи комплексу на поверхні змійовика форконденсатора утворюється шар намороженого мастила. При охолодженні і випадінні мастила досягається контрольна товщина шару мастила, тому, при цьому заздалегідь охолоджується змійовик дублюючого форконденсатора. Паромастильна суміш надходить у регенерований апарат, а відключений апарат поступово підігрівається гарячою парою від компресора верхнього каскаду, яка надходить у другий змійовик-нагрівач. Мастило, що відтануло, по трубі повертається у картер компресора.

20 Наведений спосіб заморожування і відтаювання мастила у низькотемпературному контурі забезпечує одержання температури мінус 150 °С і високу інтенсивність тепловіддачі при кипінні у низькотемпературному випарнику чистого холодоагенту.

Дана каскадна холодильна установка вибрана прототипом.

25 Прототип і винахід, що заявляється, мають наступні спільні вузли. У верхньому каскаді це компресор, конденсатор та конденсатор-випарник; у середньому каскаді - компресор, конденсатор-випарник, рекуперативний теплообмінник рідини (у прототипі - регенеративний теплообмінник); у нижньому каскаді - компресор, рекуперативний теплообмінник пари (у прототипі - газовий теплообмінник), рекуперативний теплообмінник рідини (у прототипі - регенеративний теплообмінник), блок фільтрації мастила (у прототипі - форконденсатори).

30 Недоліком відомої установки є те, що доморожування мастила на поверхні змійовика форконденсатора потребує додаткових витрат енергії на роботу форконденсатора, компенсацію витрат холоду через контури теплоізоляції апаратів, а також витрат енергії на фазовий перехід мастила з рідини у тверду фазу. Додаткові витрати енергії, пов'язані з локалізацією мастила, можуть складати близько 20 % від витрат на роботу середнього каскаду. Решта енергії витрачається на основний процес - конденсацію пари нижнього каскаду.

35 Конструктивно форконденсатор достатньо складний апарат, виготовлений з використанням кольорових металів.

40 Ефективне виділення мастила із паромастильної суміші здійснюється до відповідної товщини намороженого шару, збільшення товщини якого значно погіршує роботу в циклі, а при досягненні значних розмірів робота апарата практично припиняється. У зв'язку з цим оператору необхідно заздалегідь переключити апарат на регенерацію.

45 В основу винаходу поставлено задачу створити каскадну холодильну установку для досягнення і підтримання температурного рівня до мінус 150 °С, в якій шляхом використання у середньому каскаді барботажного конденсатора-випарника, забезпечити зниження енерговитрат, а також підвищення ефективності теплообміну у нижньому каскаді за рахунок повного відділення мастила з паромастильної суміші.

50 Поставлена задача вирішена в каскадній холодильній установці, що містить сполучені між собою системою технологічних трубопроводів і об'єднані в три каскади компресори, конденсатор, конденсатори-випарники, рекуперативні теплообмінники рідини, рекуперативний теплообмінник пари, блок фільтрації мастила і розширювальні ємності, тим, що, на відміну від прототипу, верхній каскад містить випарник, який забезпечує температуру до мінус 40 °С, сполучений рідинним і паровим трубопроводами з рекуперативним теплообмінником рідини, середній каскад містить випарник, який забезпечує температуру до мінус 80 °С, сполучений рідинним і паровим трубопроводами з рекуперативним теплообмінником рідини, а нижній каскад містить випарник, який забезпечує температуру до мінус 150 °С, сполучений рідинним і паровим трубопроводами з рекуперативним теплообмінником рідини, при цьому середній каскад містить барботажний конденсатор-випарник, сполучений рідинним і паровим трубопроводами з рекуперативним теплообмінником рідини, а також з рекуперативним теплообмінником пари та блоком фільтрації мастила нижнього каскаду, який сполучений з

рекуперативним теплообмінником рідини, з компресором і конденсатором верхнього каскаду, та трубопроводом повернення мастила в картер компресора - з компресором нижнього каскаду, окрім того, на рідинних трубопроводах, що з'єднують випарники та конденсатори-випарники з рекуперативними теплообмінниками рідини, встановлено регулюючі вентиля.

5 Барботажний конденсатор-випарник містить корпус, всередині якого встановлені змійовик і барботажний патрубок, а в нижній частині корпусу розташований барботажний відсік, в якому розміщено поплавковий клапан, при цьому нижня частина барботажного патрубка розміщена в барботажному відсіку, а верхня частина сполучена з трубопроводом подачі паромасляної суміші, вхід змійовика сполучений з трубопроводом подачі холодоагенту, а вихід - з відповідним
10 трубопроводом пари холодоагенту, нижня частина корпусу сполучена з трубопроводом подачі суміші рідкого холодоагенту з мастилом з барботажного відсіку до блока фільтрації мастила низькотемпературної каскадної холодильної установки.

В барботажному конденсаторі-випарнику, за рахунок контактного теплообміну (який відбувається в барботажному відсіку), зменшується перепад температур між паромасляною сумішшю та рідким холодоагентом, що сприяє зниженню питомих енерговитрат на виробництво холоду. Також контактний теплообмін сприяє повному відділенню мастила від паромасляної суміші завдяки ефективному виморожуванню і утворенню часток мастила, що виключає попадання мастила у випарник нижнього каскаду. Таким чином, масляна плівка на поверхні теплообміну випарника нижнього каскаду не утворюється, що виключає підвищення термічного
20 опору під час роботи установки.

Винахід, що заявляється, пояснюється кресленнями, де: фіг. 1 - схема холодильної установки, фіг. 2 - конструкція барботажного конденсатора-випарника.

Каскадна холодильна установка, яка забезпечує температурний рівень від мінус 40 до мінус 150 °С, складається з трьох каскадів - верхнього, середнього та нижнього (фіг. 1).

25 Верхній каскад містить: випарник 1, регулюючі вентиля 2, рекуперативний теплообмінник рідини 3, компресор 4, конденсатор 5, конденсатор-випарник 6.

Середній каскад містить: конденсатор-випарник 6, випарник 7, регулюючі вентиля 8, рекуперативний теплообмінник рідини 9, компресор 10, барботажний конденсатор-випарник 11, розширювальну ємність 12.

30 Нижній каскад містить: барботажний конденсатор-випарник 11, випарник 13, компресор 14, регулюючий вентиль 15, рекуперативний теплообмінник пари 16, рекуперативний теплообмінник рідини 17, блок фільтрації мастила 18, розширювальну ємність 19.

Блок фільтрації мастила 18 містить два паралельно встановлених фільтри регенерації мастила, кожен з яких являє собою теплообмінник змійовикового типу.

35 Перелічені елементи каскадів сполучені між собою системою технологічних трубопроводів наступним чином.

Компресор 4 верхнього каскаду сполучений нагнітальним трубопроводом з конденсатором 5 і, через вентиль, з блоком фільтрації мастила 18, та всмоктувальним трубопроводом - з рекуперативним теплообмінником рідини 3.

40 Конденсатор 5 сполучений з рекуперативним теплообмінником рідини 3 та блоком фільтрації мастила 18.

В свою чергу, рекуперативний теплообмінник рідини 3 сполучений рідинним та паровим трубопроводами з паралельно підключеними випарником 1 та конденсатором-випарником 6. На рідинному трубопроводі, що з'єднує рекуперативний теплообмінник рідини 3 з випарником 1 та конденсатором-випарником 6, встановлені регулюючі вентиля 2.

45 Конденсатор-випарник 6 сполучений з рекуперативним теплообмінником рідини 9, та з компресором 10 середнього каскаду нагнітальним трубопроводом.

Компресор 10 середнього каскаду всмоктувальним трубопроводом сполучений з рекуперативним теплообмінником рідини 9.

50 В свою чергу, рекуперативний теплообмінник рідини 9 сполучений рідинним та паровим трубопроводами з паралельно підключеними випарником 7 та барботажним конденсатором-випарником 11. На рідинному трубопроводі, що з'єднує рекуперативний теплообмінник рідини 9 з випарником 7 та барботажним конденсатором-випарником 11, встановлені регулюючі вентиля 8.

55 Також рекуперативний теплообмінник рідини 9 сполучений паровим трубопроводом з розширювальною ємністю 12.

Компресор 14 нижнього каскаду всмоктувальним та нагнітальним трубопроводами сполучений з рекуперативним теплообмінником пари 16, який сполучений паровими трубопроводами з барботажним конденсатором-випарником 11, рекуперативним

теплообмінником рідини 17, розширювальною ємністю 19. Також компресор 14 сполучений трубопроводом повернення мастила в картер з блоком фільтрації мастила 18.

Барботажний конденсатор-випарник 11 сполучений з блоком фільтрації мастила 18.

5 В свою чергу, рекуперативний теплообмінник рідини 17 сполучений з блоком фільтрації мастила 18, а також рідинним трубопроводом, на якому установлений регулюючий вентиль 15, та паровим трубопроводом - з випарником 13.

10 Барботажний конденсатор-випарник 11 (фіг. 2) містить корпус 21, всередині якого установлені змійовик 22 і барботажний патрубок 23. В нижній частині корпусу розташований барботажний відсік 20, в якому розміщено поплавковий клапан 26. Нижня частина барботажного патрубка 23 розміщена в барботажному відсіку 20, а верхня частина - сполучена з трубопроводом подачі паромасильної суміші. Вхід змійовика 22 сполучений з трубопроводом подачі холодоагенту, а вихід - з відвідним трубопроводом пари холодоагенту. Нижня частина корпусу 21 переливною трубою 24 і зливною трубою 25 сполучена з трубопроводом подачі суміші рідкого холодоагенту з мастилом з барботажного відсіку 20 до блока фільтрації мастила 18 низькотемпературної каскадної холодильної установки.

Робота установки.

20 Варіант 1. Необхідно підтримувати температуру на рівні мінус 40 °С. До випарника 1 після регулюючого вентиля 2 надходить холодоагент, минаючи конденсатор-випарник 6. Після випаровування пара холодоагенту надходить до рекуперативного теплообмінника рідини 3, і на всмоктування до компресора 4. Після стиснення в компресорі 4 пара конденсується в конденсаторі 5, і рідкий холодоагент проходить рекуперативний теплообмінник рідини 3 та направляється до випарника 1 через регулюючий вентиль 2. Далі цикл повторюється. Середній і нижній каскад відключені. Тобто, працює верхній каскад, як одноступенева холодильна машина.

25 Варіант 2. При одночасній необхідності підтримання температур мінус 40 °С і мінус 80 °С в роботі, окрім вказаних елементів, приймають участь конденсатор-випарник 6, компресор 10 середнього каскаду, рекуперативний теплообмінник рідини 9, регулюючий вентиль 8 і випарник 7. Барботажний конденсатор-випарник 11 відключено. Пара холодоагенту надходить до компресора 10 із розширювальної ємності 12 і від випарника 7, після рекуперативного теплообмінника рідини 9. Стиснена пара подається до конденсатора-випарника 6, де охолоджується і конденсується, і знову направляється до рекуперативного теплообмінника рідини 9, і до регулюючого вентиля 8 випарника 7, в якому дроселюється до температури мінус 80 °С. Далі рідкий холодоагент направляється до випарника 7. Таким чином, підтримуються два робочих температурних режими: мінус 40 °С і мінус 80 °С.

35 Варіант 3. При необхідності підтримання ще і температури мінус 150 °С в роботі приймають участь всі елементи системи. Послідовність роботи така. Спочатку у верхньому каскаду досягається (у конденсаторі-випарнику 6) температура кипіння холодоагенту мінус 40 °С, яка забезпечує конденсацію пари з середнього каскаду. Після чого в роботу включається компресор 10, який засмоктує пару холодоагенту через рекуперативний теплообмінник рідини 9 з розширювальної ємності 12, барботажного конденсатора-випарника 11 та випарника 7, і нагнітає до конденсатора-випарника 6, де, після конденсації пари, рідина через рекуперативний теплообмінник 9, надходить до регулюючих вентилів 8 випарника 7 і барботажного конденсатора-випарника 11. Після дроселювання парорідинна суміш надходить до барботажного конденсатора-випарника 11 і до випарника 7 середнього каскаду, в яких підтримується температура мінус 80 °С. При досягненні вказаної температури в роботу включається компресор 14 нижнього каскаду, який засмоктує пару із розширювальної ємності 19 та випарника 13, і нагнітає паромасильну суміш до рекуперативного теплообмінника пари 16, звідки паромасильна суміш подається до барботажного конденсатора-випарника 11, а саме - до барботажного відсіку 20, який знаходиться всередині корпусу 21 в нижній його частині. Пара барботує крізь шар рідини і далі конденсується на поверхні змійовика 22, в якому кипить холодоагент при температурі мінус 75... мінус 80 °С, рідина накопичується у барботажному відсіку 20. При проходженні паромасильної суміші крізь шар рідкого холодоагенту, який має температуру мінус 75 ... мінус 80 °С, мастило виморожується, утворюючи тверді частки, тому що температура замерзання мастила значно вища, ніж температура у барботажному відсіку 20. При досягненні максимального рівня рідини - до отвору переливної трубки 24, поплавковий клапан 26 відкриває отвір зливної трубки 25, крізь який, разом з потоком із переливної трубки 24, рідка суміш холодоагенту із замороженими частками мастила надходить до блоку фільтрації мастила 18, а саме - до одного із фільтрів, що знаходиться у роботі. До іншого фільтра, що знаходиться на регенерації, подається гаряча пара від компресора 4 верхнього каскаду для підігріву мастила. Підігрів триває до повного танення мастила, і повернення його у картер

компресора 14. Підігріта в блоці фільтрації мастила 18 пара, а потім охолоджена і скраплена в рекуперативному теплообміннику рідини 17 подається до регулюючого вентиля 15, а парорідинна суміш при температурі мінус 150 °С - до випарника 13. Далі процеси і цикли повторюються.

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Низькотемпературна каскадна холодильна установка, що містить три каскади - верхній, середній та нижній, при цьому у верхньому каскаді сполучені між собою системою технологічних трубопроводів компресор, конденсатор та конденсатор-випарник, в середньому каскаді сполучені між собою системою технологічних трубопроводів компресор, конденсатор-випарник, рекуперативний теплообмінник рідини, розширювальна ємність, у нижньому каскаді сполучені між собою системою технологічних трубопроводів компресор, рекуперативний теплообмінник пари, рекуперативний теплообмінник рідини, блок фільтрації мастила, розширювальна ємність, яка **відрізняється** тим, що верхній каскад містить випарник для забезпечення температури до мінус 40 °С, сполучений рідинним і паровим трубопроводами з рекуперативним теплообмінником рідини, середній каскад містить випарник для забезпечення температури до мінус 80 °С, сполучений рідинним і паровим трубопроводами з рекуперативним теплообмінником рідини, а нижній каскад містить випарник для забезпечення температури до мінус 150 °С, сполучений рідинним і паровим трубопроводами з рекуперативним теплообмінником рідини, при цьому середній каскад містить барботажний конденсатор-випарник, сполучений рідинним і паровим трубопроводами з рекуперативним теплообмінником рідини, а також з рекуперативним теплообмінником пари та блоком фільтрації мастила нижнього каскаду, який сполучений з рекуперативним теплообмінником рідини, з компресором і конденсатором верхнього каскаду, та трубопроводом повернення мастила в картер компресора - з компресором нижнього каскаду, окрім того, на рідинних трубопроводах, що з'єднують випарники та конденсатори-випарники з рекуперативними теплообмінниками рідини, встановлено регулюючі вентиля.
2. Низькотемпературна каскадна холодильна установка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що барботажний конденсатор-випарник містить корпус, всередині якого встановлені змійовик і барботажний патрубок, а в нижній частині корпусу розташований барботажний відсік, в якому розміщено поплавковий клапан, при цьому нижня частина барботажного патрубку розміщена в барботажному відсіку, а верхня частина сполучена з трубопроводом подачі паромасляної суміші, вхід змійовика сполучений з трубопроводом подачі холодоагенту, а вихід - з відповідним трубопроводом пари холодоагенту, нижня частина корпусу сполучена з трубопроводом подачі суміші рідкого холодоагенту з мастилом з барботажного відсіку до блока фільтрації мастила низькотемпературної каскадної холодильної установки.
- 35

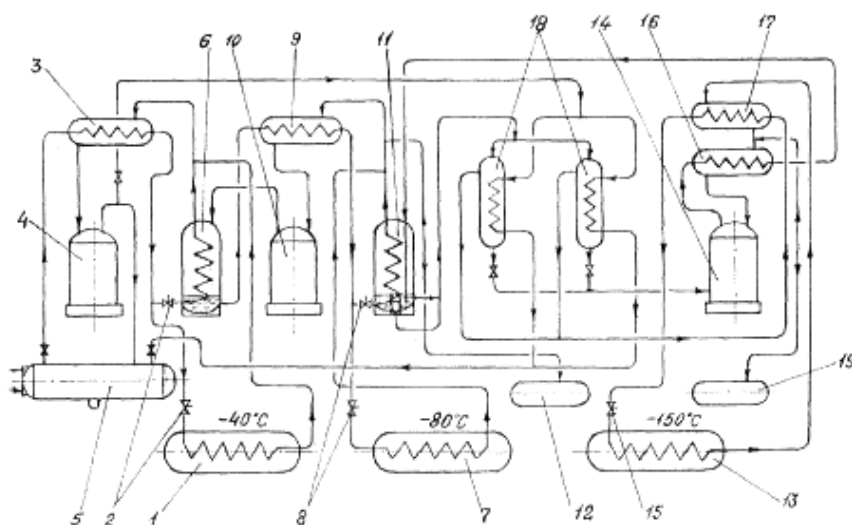
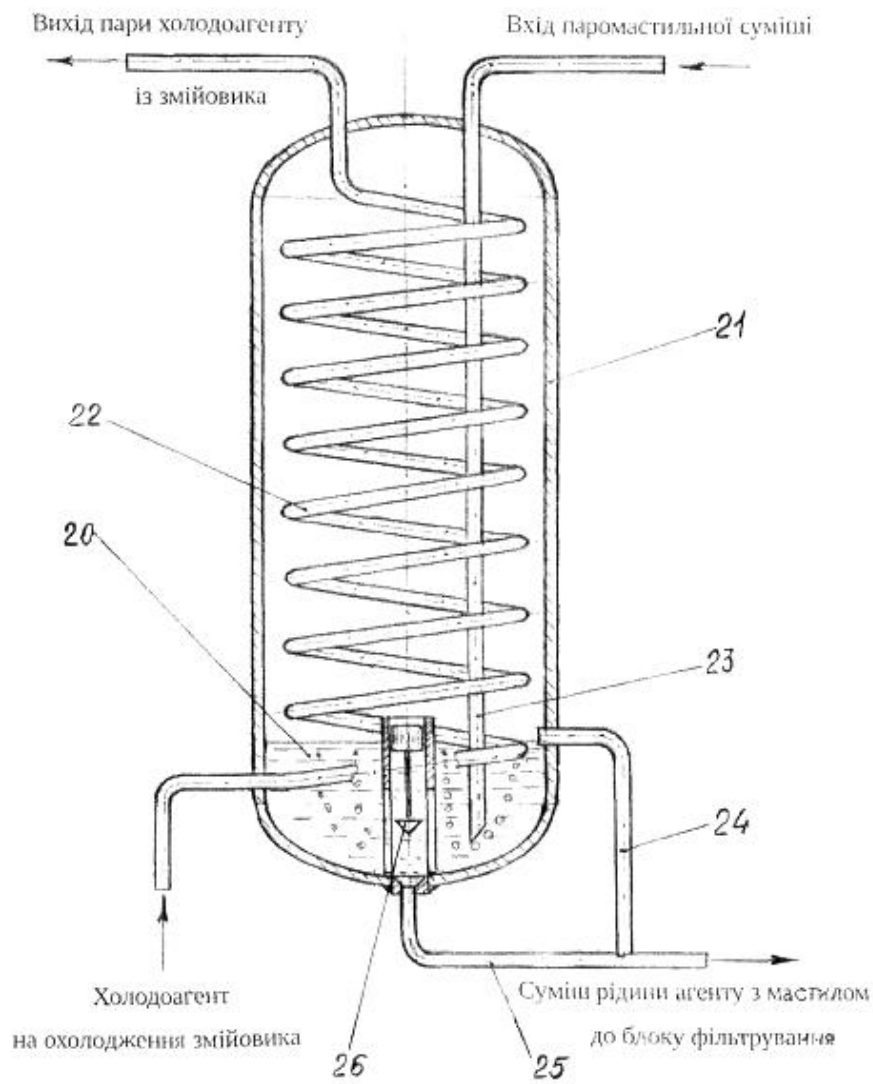


Fig. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

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

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