



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **63258** (13) **C2**  
(51) МПК (2006)  
F25B 9/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

### (54) СПОСІБ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ

1

(21) 2003032369  
(22) 19.03.2003  
(24) 16.10.2006  
(46) 16.10.2006, Бюл. № 10, 2006 р.  
(72) Ерсамбетов Вячеслав Шихаметович  
(73) Ерсамбетов Вячеслав Шихаметович  
(56) UA 51565 A, 15.11.2002  
SU 1695070 A1, 30.11.1991  
US 5642629 A, 01.07.1997  
US 3686893 A, 29.08.1972  
US 4187692 A, 12.02.1980  
EP 0248578 B1, 22.05.1987  
US 5823008 A, 20.10.1998  
RU 2097663 C1, 27.11.1997  
RU 2095701 C1, 10.11.1997  
(57) 1. Спосіб охолодження повітря шляхом поділу його на два потоки, один з яких стискають за допомогою хвиль стиснення в каналах барабана, що обертається, а другий потік стискають в компресорі до тиску, що дорівнює тиску в першому потоці, з наступним об'єднанням повітря в один потік і розширенням його за допомогою хвиль розрідження,

2

подають у теплообмінник, з виходу якого об'єднаний потік повітря спрямовують на поділ, а потік атмосферного повітря подають у той же самий теплообмінник в напрямі протитечії, який **відрізняється** тим, що після першого ступеня стиснення обидва потоки об'єднують та охолоджують у теплообміннику, а потім знов поділяють на два потоки та здійснюють другий ступінь стиснення, після чого обидва потоки об'єднують, охолоджують у теплообміннику, розширюють на першому ступені у каналах одного барабана, а потім на другому ступені - у каналах другого барабана.

2. Спосіб охолодження повітря за п. 1, який **відрізняється** тим, що після першого ступеня стиснення одного потоку у каналах барабана, його охолоджують у теплообміннику, стискають у каналах другого барабана та об'єднують з другим потоком повітря, який стискають у компресорі.

3. Спосіб охолодження повітря за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що перед розширенням у каналах барабана повітря додатково охолоджують у теплообміннику.

Винахід відноситься до холодильної техніки, а точніше до пристроїв та способів охолодження повітря.

Відомі способи охолодження повітря [див., наприклад, А.с. СРСР №1695070, МПК F25B11/00 за 1988р., патент США №5642629, МПК F25D9/00 за 1997р.], що включають послідовне стиснення в компресорі потоку повітря, що забирається з атмосфери, охолодження його в теплообміннику, розширення в турбодетандері і змішування з атмосферним повітрям. Недоліком технічних рішень, які описані в цих винаходах, є висока частота обертання вала турбіни, яка визначається параметрами і витратою повітря, що веде до утруднення створення надійних в експлуатації установок.

Найбільш близьким по технічній суті до запропонованого технічного рішення і вибраним за прототип є спосіб охолодження повітря деклараційний патент України №51565 А, МПК F25B9/00, от 15.11.2002р.], що полягає в тому, що одну частину потоку повітря стискають за допомогою хвиль сти-

снення в каналах барабана, що обертається, до наперед заданого тиску, а другу частину потоку стискають в компресорі до тиску рівного тиску в першому потоці, а потім обидві частини об'єднують в один потік, який розширюють за допомогою хвиль розрідження, після чого цей потік подають у теплообмінник і охолоджують потік атмосферного повітря для отримання необхідної температури повітря, причому з виходу теплообмінника об'єднаний потік подають на поділ.

Суттю даного способу охолодження повітря є те, що повітря, яке забирається з атмосфери, поділяють на дві частини, одну з яких стискають в компресорі, що приводиться у обертання електродвигуном, а другу - в каналах барабана, що обертається, за допомогою хвиль стиснення, потім, після стиснення, обидва потоки об'єднують в один потік, який охолоджують в теплообміннику. Подальше охолодження його здійснюють шляхом розширення в каналах барабана за допомогою хвиль розрідження. Після чого цей охолоджений потік

(13) **C2**

(11) **63258**

(19) **UA**

повітря подають у теплообмінник, де охолоджують потік атмосферного повітря, який тече у напрямі протитоку.

Недоліком цього способу є низький холодильний коефіцієнт установок охолодження повітря при застосуванні великих ступенів розширення та стиснення.

У основу винаходу поставлено задачу розробити такий спосіб охолодження повітря за допомогою нової послідовності технологічних операцій, який дозволить підвищити холодильний коефіцієнт установок охолодження повітря.

Це досягається тим, що у відомому способі охолодження повітря шляхом поділу його на два потоки, один з яких стискають за допомогою хвиль стиснення в каналах барабана, що обертається, а другий потік стискають в компресорі до тиску, рівного тиску в першому потоці, з наступним об'єднанням повітря в один потік і розширенням його за допомогою хвиль розрідження, подають у теплообмінник з виходу якого об'єднаний потік повітря спрямовують на поділ, а потік атмосферного повітря подають у той же самий теплообмінник в напрямі протитоку, який відрізняється тим, що після першого ступеня стиснення обидва потоки об'єднують та охолоджують у теплообміннику, а потім знов поділяють на два потоки та здійснюють другий ступінь стиснення, після чого обидва потоки об'єднують, охолоджують у теплообміннику, розширюють на першому ступені у каналах одного барабана, а потім на другому ступені - у каналах другого барабана. Після першого ступеня стиснення одного потоку у каналах барабана, його охолоджують у теплообміннику, стискають у каналах другого барабана та об'єднують з другим потоком повітря, який стискають у компресорі. Перед розширенням у каналах барабана повітря додатково охолоджують у теплообміннику. Обидва ступеня розширення та стиснення здійснюють в каналах одного барабана.

Відрізняючими ознаками запропонованого способу від відомих є те, що після першого ступеня стиснення одного потоку у каналах барабана, що обертається, а другого у компресорі обидва потоки об'єднують та охолоджують у теплообміннику, а потім знов поділяють на два потоки та здійснюють другий ступінь стиснення одного з них в каналах другого барабана, а другий у компресорі, після чого обидва потоки об'єднують, охолоджують у теплообміннику, розширюють на першому ступені у каналах одного барабана, а потім на другому ступені - у каналах другого барабана або того ж барабана. Після першого ступеня стиснення одного потоку у каналах барабана, його охолоджують у теплообміннику, стискають у каналах другого барабана та об'єднують з другим потоком повітря, який стискають у компресорі. Перед розширенням у каналах барабана повітря додатково охолоджують у теплообміннику. Обидва ступеня розширення та стиснення здійснюють в каналах одного барабана.

Аналіз відомих технічних рішень в галузі, що досліджується, і суміжних галузях (системи кондиціонування повітря) дозволяє зробити висновок про відсутність в них ознак, подібних до суттєвих відрізняючих ознак у способі охолодження повітря,

що заявляється.

Зазначені ознаки мають винахідницький рівень, застосування їх дозволяє збільшити холодильний коефіцієнт установок охолодження повітря.

Спосіб пояснюється кресленнями, де на Фіг.1 приведена схема установки що реалізує даний спосіб,

на Фіг.2 приведено аксонометричне зображення вузла А,

на Фіг.3 - хвильова діаграма, що пояснює процеси в каналах барабана,

на Фіг.4 приведена схема установки, в якій здійснюють стиснення в одному ступені компресора,

на Фіг.5 приведено схему установки, в якій повітря додатково охолоджують перед розширенням,

на Фіг.6 приведено аксонометричне зображення вузла А при розташуванні обох ступенів стиснення та розширення в одному барабані.

Установка на Фіг.1 містить трубопроводи 1-18, барабан 19 з каналами 20 торцевий диск 21 з вікнами подачі повітря низького тиску 22 і відведення стисненого повітря 23, торцевий диск 24 з вікнами подачі повітря високого тиску 25 і відведення розширеного повітря 26, компресор 27, електродвигун 28, теплообмінник 29, барабан 30 з каналами 31 торцевий диск 32 з вікнами подачі повітря низького тиску 33 і відведення стисненого повітря 34, торцевий диск 35 з вікнами подачі повітря високого тиску 36 і відведення розширеного повітря 37, компресор 38, електродвигун 39, теплообмінники 40, 41.

Повітря, що прямує трубопроводом 1, поділяють на два потоки. Один з них трубопроводом 2, подають в канали 20 циліндричного барабана 19, що обертається за допомогою електродвигуна 28. Канали 20, які утворені, наприклад, радіальними лопатками, розташованими вздовж твірної і циліндричним бандажем, що закриває канали по зовнішньому діаметру. Повітря трубопроводом 2 подають в канали через вікна подачі повітря низького тиску 22, які виконані в нерухомому торцевому диску 21. Повітря, яке надходить у канали 20 барабана 19, стискають за допомогою хвиль стиснення до необхідного тиску і виводять через вікна відведення стисненого повітря 23 і приєднаний до них трубопровід 4. Другий потік повітря трубопроводом 3 подають в компресор 27, де стискають до того ж тиску, відводять трубопроводом 5 і об'єднують обидва потоки у трубопроводі 6. Після цього об'єднаний потік повітря подають в теплообмінник 29, де охолоджують до температури близької до температури навколишнього середовища. З теплообмінника повітря відводять трубопроводом 7 та знов поділяють його на два потоки. Один з них трубопроводом 8 подають в канали 31 циліндричного барабана 30, що обертається за допомогою електродвигуна 39, через вікна подачі повітря низького тиску 33, які виконані в нерухомому торцевому диску 32. Повітря, що поступило в канали 31 барабана 30, стискають за допомогою хвиль стиснення до необхідного тиску і виводять через вікна відведення стисненого повітря 34 і приєднаний до них трубопровід 10. Другий потік повітря трубопроводом 9 подають в компресор 38, де стискають до того ж тиску, відводять трубопроводом 11 і

об'єднують обидва потоки у трубопроводі 12. Після цього об'єднаний потік повітря подають в теплообмінник 40. Після теплообмінника для здійснення першого ступеня розширення повітря через вікна подачі повітря високого тиску 36, які розташовані в торцевому диску 35, спрямовують в канали 31 барабана 30, де він передає енергію в хвильовій формі для стиснення прямого потоку повітря в безпосередньому контакті з ним. При цьому відбувається розширення завдяки утворенню хвиль розрідження і зниження температури. Повітря відводять трубопроводом 15 та подають у канали 20 барабана 19 через вікна подачі повітря високого тиску 25 для другого ступеня розширення. Після остаточного розширення повітря з каналів 20 барабана 19 відводять через вікна 26 торцевого диска 24 та трубопроводом 16 подають в теплообмінник 41, а далі трубопроводом 1 знову на поділ. Таким чином утворюється замкнений цикл циркуляції хладагента - повітря. Атмосферне повітря, що охолоджується, подається в теплообмінник 41 трубопроводом 17 в напрямі протилежному течії хладагента, в якій відбувається відбір тепла від атмосферного повітря, для забезпечення необхідної температури охолодження. Охолоджений потік продукційного повітря відводиться трубопроводом 18.

Фіг.3 пояснює процеси, що відбуваються в каналах барабана. На ньому зображена розгортка каналів барабана 19, напрям 42 переміщення каналів відносно торцевих дисків, вікно подачі повітря високого тиску 25, вікно відведення повітря, що розширилося, 26, вікно подачі повітря низького тиску 22, вікно відведення стисненого повітря 23.

Процеси розширення і стиснення в каналах відбуваються таким чином. При сполученні довільного каналу, заповненого повітрям з низьким тиском з вікном подачі повітря високого тиску 25, порція повітря входить в канал і по ньому розповсюджується хвиля стиснення, яка приходить до протилежного кінця каналу у момент відкриття вікна відведення стисненого повітря 23. Суцільною лінією показана лінія розповсюдження хвилі стиснення. Стиснене повітря виходить у вікно 23. Відбита від правого кінця каналу хвиля приходить до лівого кінця каналу у момент закриття вікна 25. Надходження повітря високого тиску в канал припиняється, а вихід стисненого повітря у вікно 23 продовжується до моменту його закриття, яке відбувається при підході до правого кінця каналу хвилі розрідження (показана штриховою лінією). При цьому процес стиснення завершується. Потім відкривається вікно відведення повітря, що розширилося 26, і в каналі виникає хвиля розрідження, яка розповсюджується по каналу і сприяє розширенню повітря в ньому. Повітря, що розширилося, виходить у вікно 26. При підході хвилі розрідження до правого кінця каналу відкривається вікно подачі повітря низького тиску 22 і повітря з атмосфери засмоктується в канали. Після повного виходу повітря, що розширилося, і наповнення свіжм вікна 26 і 22 закриваються. Далі, описаний вище цикл, повторюється. За один оберт може здійснюватися один, два і більше циклів. Тому кожний торцевий диск може містити одну або більше пар вікон.

На Фіг.4 зображена схема, в якій потік повітря після стискування на першому ступені у каналах 20 барабана 19 подають трубопроводом 4 в теплообмінник 29, де його охолоджують до температури близькою до температури навколишнього середовища та подають трубопроводом 7 через вікна 33 подачі повітря низького тиску до каналів 31 барабана 30 для здійснення другого ступеня стискування. Після відводу стиснутого повітря через вікна 34 трубопроводом 10 його об'єднують з потоком стиснутого повітря, що надходить трубопроводом 5 з компресора 27, де воно стискується в одному ступені. Далі процес не відрізняється від описаного до Фіг.1.

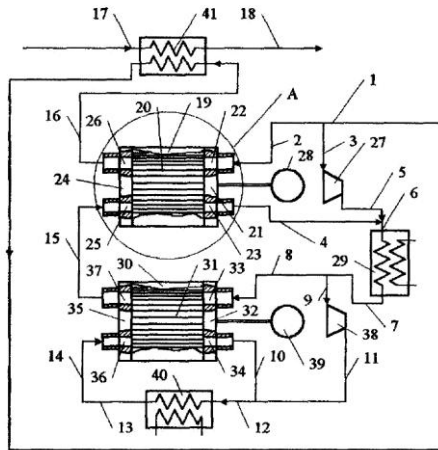
Фіг.5 ілюструє спосіб охолодження повітря, в якому після теплообмінника 41 повітря трубопроводом 43 подають у теплообмінник 44, де його підігривають до температури близької до температури навколишнього середовища і далі трубопроводом 1 подають на поділ. При цьому здійснюють додаткове охолодження повітря, яке надходить з теплообмінника 40 перед подачею його на розширення в каналах 31 барабана 30.

На Фіг.6 показано барабан 45 з каналами 46 та 47, розділених бандажем 48, що здійснюють процеси першого та другого ступеня стискування та розширення. У торцевому диску 49 розташовані вікна 36 подачі повітря високого тиску, вікна 37 відводу повітря низького тиску першого ступеня розширення та вікна 25 відводу повітря високого тиску, вікна 26 відводу повітря низького тиску другого ступеня розширення. У торцевому диску 50 аналогічно розташовані вікна подачі та відводу повітря на першому та другому ступені стискування.

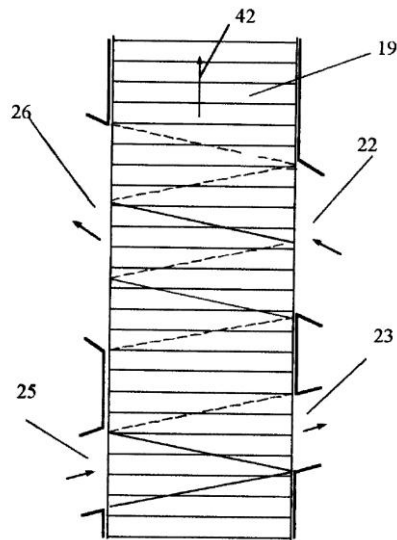
#### Приклад

Для охолодження атмосферного повітря або повітря у холодильній камері створюють замкнений контур з циркулюючим хладагентом - повітрям. У цьому контурі потік повітря з трубопроводу 1 температурою 296K (23°C), тиском 0,1МПа і витратою 412м<sup>3</sup>/год поділяють на два потоки: з витратою 161,5м<sup>3</sup>/год, який подають через вікно 22 подачі повітря низького тиску в канали 20 циліндричного барабана 19, де його стискують до тиску 0,187МПа, і з витратою 250,5м<sup>3</sup>/год, який подають на вхід ротаційного, поршневого або іншого компресора 27, де стискують також до 0,187МПа. При цьому здійснюють перший ступінь стиснення. Після стиснення обидва потоки об'єднують в загальний потік 60м<sup>3</sup>/год, який охолоджують в теплообміннику 29 зовнішнім хладагентом (повітрям або водою) до температури 296K (23°C). Відведене з теплообмінника повітря знов поділяють на два потоки: з витратою 161,5м<sup>3</sup>/год подають через вікно 33 подачі повітря низького тиску в канали 31 барабана 30, де його стискують до тиску 0,35МПа, і з витратою 250,5м<sup>3</sup>/год, який подають на вхід ротаційного, поршневого або іншого компресора 38, де стискують також до 0,35МПа. Після другого ступеня стиснення обидва потоки об'єднують в один потік і трубопроводом 12 подають в теплообмінник 40, охолоджують до температури 304K (31°C) і подають через вікна подачі повітря високого тиску 36 в канали 31 циліндричного барабана 30, де розширюють від 0,35МПа до 0,1МПа, при цьому температура кінця розширення дорівнює

254K (-19°C). Після розширення хладагент подається в теплообмінник, де підігрівається до температури 296K (23°C) потоком атмосферного повітря, що тече в протилежному напрямі в каналах того ж теплообмінника. Потік атмосферного повітря або повітря з навколишнього середовища охолоджу-



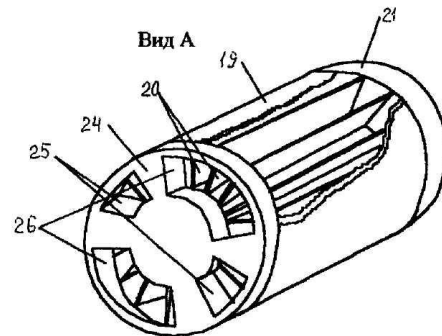
Фиг. 1



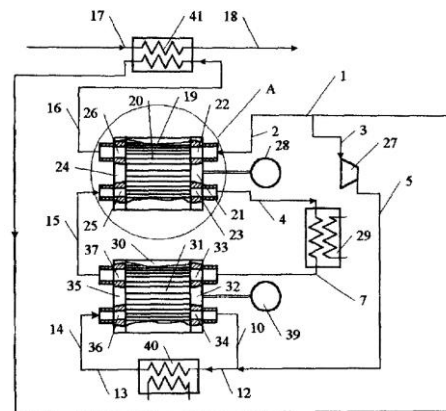
Фиг. 3

ють до температури 260K (-13°C) та подають на об'єкт охолодження.

Застосування способу дозволить збільшити холодильний коефіцієнт установок охолодження повітря.



Фиг. 2



Фиг. 4

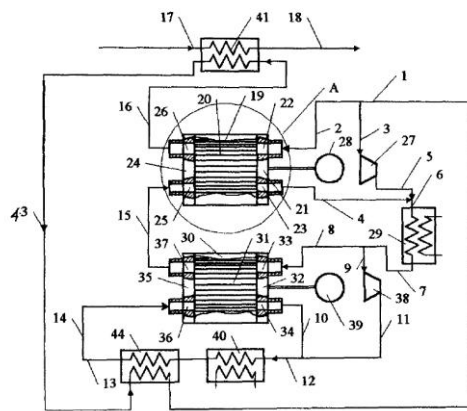


Fig. 5

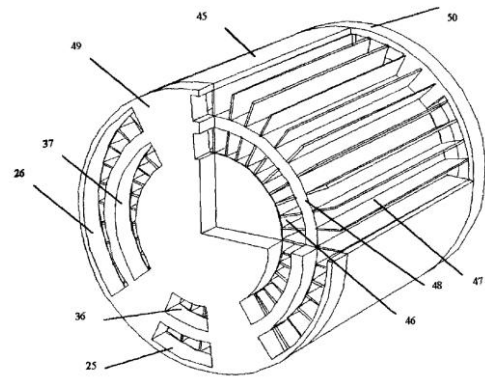


Fig. 6